



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PENENTUAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* (PM) OPTIMAL  
PADA PERALATAN *LEASE* (STUDI KASUS DI PT  
TRAKINDO UTAMA SURABAYA)**

CINDY RAMADHANIA  
02411440000068

DOSEN PEMBIMBING :  
Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD.  
NIP. 197504081998022001

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018





FINAL PROJECT – TI 141501

**DETERMINATION OF OPTIMUM PREVENTIVE  
MAINTENANCE (PM) ON LEASED EQUIPMENT (CASE  
STUDY PT TRAKINDO UTAMA SURABAYA)**

CINDY RAMADHANIA  
02411440000068

SUPERVISOR :

Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD.

NIP. 197504081998022001

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



## LEMBAR PENGESAHAN

### **PENENTUAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* (PM) OPTIMAL PADA PERALATAN *LEASE* (STUDI KASUS DI PT TRAKINDO UTAMA SURABAYA)**

#### **TUGAS AKHIR**

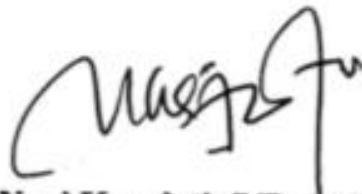
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:

**CINDY RAMADHANIA**

**NRP: 024 1144 0900068**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



**Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD.**

**NIP. 197504081998022001**





# **PENENTUAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* (PM) OPTIMAL PADA PERALATAN *LEASE* (STUDI KASUS DI PT TRAKINDO UTAMA SURABAYA)**

Nama : Cindy Ramadhania  
NRP : 02411440000068  
Departemen : Teknik Industri  
Dosen Pembimbing : Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD.

## **ABSTRAK**

PT Trakindo Utama Surabaya adalah perusahaan yang menjual alat berat merk *Caterpillar*, sekaligus menyediakan jasa rental atau *leasing* alat berat. Alat berat yang paling banyak disewakan adalah *excavator* 320D2 bernomor seri XBA dan ZBH. Sebagai pemilik *excavator* (*lessor*), tentunya *maintenance* menjadi tanggung jawab PT Trakindo Utama Surabaya. Kebijakan *maintenance* saat ini yaitu melakukan PM komponen berdasarkan SMU (jam kerja). Penjadwalan PM eksisting dinilai belum optimal karena *lessee* sering mengeluhkan tentang frekuensi PM yang terlalu sering. Selain itu, total biaya *maintenance* juga masih tinggi. Oleh karena itu dibutuhkan suatu perhitungan untuk menentukan PM optimal agar total biaya *maintenance* dapat ditekan. *Age Reduction Method* (ARM) merupakan metode yang efektif untuk menentukan kebijakan PM optimal karena tidak hanya dapat menekan laju kerusakan, namun juga dapat mengembalikan usia komponen sebesar  $x$ . Komponen-komponen pada excavator merupakan jenis komponen yang memiliki karakteristik *increasing failure rate*. Pada penelitian ini akan dibedakan antara PM untuk penggantian preventif komponen dengan PM untuk inspeksi komponen pada *excavator*. Hasil penelitian menunjukkan penghematan biaya penggantian preventif mencapai 27.05%, sedangkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode ARM ini menunjukkan bahwa total biaya *maintenance* berkurang hingga sebesar 36.76% dengan frekuensi PM komponen yang lebih sedikit. Dengan demikian, tujuan awal penentuan PM optimal dapat tercapai.

**Kata kunci:** *excavator*, PM, *Age Reduction Method* (ARM), penggantian preventif, total biaya *maintenance*

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



# **DETERMINATION OF OPTIMUM PREVENTIVE MAINTENANCE (PM) ON LEASED EQUIPMENT (CASE STUDY PT TRAKINDO UTAMA SURABAYA)**

Name : Cindy Ramadhania  
Student ID : 02411440000068  
Department : Teknik Industri  
Supervisor : Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD.

## **ABSTRACT**

PT Trakindo Utama Surabaya is one of companies selling heavy equipment of Caterpillar and also providing leasing service. The most of heavy equipment leased is *excavator* 320D2 with serial number XBA and ZBH. As the owner (lessor) of the *excavator*, PT Trakindo Utama Surabaya has responsibility to maintain the *excavator* through maintenance policy. The current maintenance policy is to perform PM (preventive maintenance) of component based on SMU (service meter unit). However, the existing maintenance policy is not optimum yet because the frequency of PM is too often and the total maintenance cost is high. In order to that, an improvement is needed to determine the optimum maintenance policy so that the frequency and the total maintenance cost can be reduced. ARM is the most appropriate method to determine the optimum maintenance policy because it doesn't only reduce failure rate, but can also returning the age of the component for degree of maintenance  $x$ . The components of the excavator are kind of component which has characteristic of increasing failure rate. In this observation, it will be distinguished between PM for preventive replacement and PM for component inspection. The result of the observation shows that, the total cost in preventive replacement reduced by 27.05%, and the result of the calculation by using ARM shows that, the frequency of PM can be reduced and the total maintenance cost is eliminated by 36.76% from the existing maintenance policy. Therefore, the objective of PM policy determination can be reached.

**Keywords:** excavator, PM, Age Reduction Method (ARM), preventive replacement, total maintenance cost

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Segenap puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala kuasa yang diberikan sehingga laporan ini dapat terselesaikan tepat waktu sebagai sebuah Tugas Akhir yang berjudul “Penentuan *Preventive Maintenance* (PM) Pada Peralatan *Lease* (Studi Kasus: PT Trakindo Utama Surabaya)”.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi S1 di Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama menempuh studi S1 Teknik Industri sampai dengan proses penyelesaian Tugas Akhir, berbagai pihak telah membantu dan memberi dukungan kepada penulis. Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada pihak-pihak berikut ini.

1. Ibu Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulis selama penyusunan Tugas Akhir
2. Bapak Ade selaku ko-pembimbing yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir
3. Bapak Mega Slinio, selaku pembimbing di PT Trakindo Utama Surabaya yang telah memberi banyak kemudahan dalam proses pengambilan data untuk Tugas Akhir
4. Bapak Budi Waskito, selaku narasumber di PT Trakindo Utama Surabaya yang telah banyak membantu penulis dalam proses penyediaan data untuk Tugas Akhir
5. Bapak Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc, PhD., dan Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc (Eng) selaku dosen penguji pada sidang Tugas Akhir yang telah memberi banyak saran dan masukan yang membangun
6. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.Sie, PhD., selaku kepala departemen Teknik Industri ITS

7. Serta orang tua, keluarga, dan kerabat yang selalu memberikan dukungan kepada penulis

Penulis menyadari bahwa, Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis. Penulis juga berharap bahwa Tugas Akhir ini dapat memberi banyak manfaat bagi para pembacanya, dan khususnya memberi kontribusi positif pada PT Trakindo Utama Surabaya.

Surabaya, 12 Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Permasalahan.....	7
1.3    Tujuan Penelitian.....	7
1.4    Manfaat Penelitian.....	8
1.5    Ruang Lingkup Penelitian .....	8
1.5.1    Batasan .....	8
1.5.2    Asumsi .....	8
1.6    Sistematika Penulisan Laporan .....	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	11
2.1    Sewa Guna Usaha ( <i>Leasing</i> ) .....	11
2.1.1    Persyaratan <i>Leasing</i> .....	12
2.1.2    Jenis-jenis <i>Leasing</i> .....	12
2.2 <i>Maintenance</i> .....	13
2.2.1    Tujuan <i>Maintenance</i> .....	13
2.2.2    Manfaat <i>Maintenance</i> .....	14

2.2.3	Kebijakan <i>Maintenance</i> .....	15
2.3	Alat Berat .....	17
2.4	<i>Check Sheet</i> .....	22
2.5	<i>Reliability</i> .....	23
2.6	Distribusi Laju Kerusakan .....	24
2.6.1	Distribusi Weibull .....	24
2.7	Penentuan Interval Penggantian Preventif .....	25
2.8	Penentuan PM dengan <i>Age Reduction Method</i> (ARM) .....	25
2.9	Penelitian Terdahulu .....	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		31
3.1	Alur Pelaksanaan Penelitian .....	31
3.2	Penjelasan <i>Flowchart</i> Pelaksanaan Penelitian .....	32
3.2.1	Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	33
3.2.2	Tahap Pengumpulan Data .....	34
3.2.3	Tahap Pengolahan Data .....	34
3.2.4	Tahap Analisis dan Pembahasan .....	37
3.2.5	Tahap Penarikan Kesimpulan dan Penyusunan Saran .....	37
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....		39
4.1	Gambaran Umum Perusahaan .....	39
4.1.1	Profil Perusahaan .....	39
4.1.2	Visi dan Misi Perusahaan .....	39
4.1.3	Sistem <i>Leasing</i> Alat Berat .....	40
4.1.4	Kebijakan <i>Maintenance</i> Alat Berat Sewa .....	41
4.1.5	Alat Berat Jenis <i>Excavator 320D2</i> .....	43
4.2	Pengolahan Data .....	45
4.2.1	Perhitungan Keterlambatan Kegiatan PM .....	45

4.2.2	Perhitungan <i>Time to Failure</i> (TTF) .....	45
4.2.3	Perhitungan Parameter Distribusi Weibull 2 Parameter .....	46
4.2.4	Penentuan PM dan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal.....	47
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		65
5.1	Analisis Keterlambatan Pelaksanaan PM.....	65
5.2	Analisis Perbandingan PM Optimal dengan PM Eksisting Perusahaan .	66
5.3	Analisis Perbandingan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal dengan Total Biaya <i>Maintenance</i> Perusahaan .....	68
BAB 6 PENUTUP .....		71
6.1	Kesimpulan.....	71
6.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA .....		73
LAMPIRAN.....		75
BIOGRAFI PENULIS .....		115

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Perkembangan Sektor Industri Indonesia (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012) .....	1
Gambar 1. 2 Grafik Pertumbuhan Alat Berat di Indonesia (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012) .....	2
Gambar 1. 3 Proporsi Produksi Alat Berat Berdasarkan Jenis Alat Berat Konstruksi dan Pertambangan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012) .....	3
Gambar 2. 1 <i>Excavator</i> Merk Caterpillar (Trakindo, 2018) .....	18
Gambar 2. 2 Shovel Hidrolik Merk Caterpillar (Trakindo, 2018) .....	19
Gambar 2. 3 <i>Tracket-Dozer</i> Merk Caterpillar (Trakindo, 2018) .....	20
Gambar 2. 4 <i>Off-Highway Truck</i> (Trakindo, 2018) .....	21
Gambar 2. 5 <i>Loader</i> Merk Caterpillar (Trakindo, 2018) .....	21
Gambar 2. 6 Contoh <i>Check Sheet</i> Identifikasi Penyebab Kerusakan .....	22
Gambar 2. 7 Grafik Hubungan antara <i>Failure Rate</i> dengan Waktu Pada Metode ARM (Yeh dkk, 2010) .....	26
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Pelaksanaan Penelitian .....	32
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Algoritma Penentuan PM dan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal .....	36
Gambar 4. 1 Departemen <i>Sales</i> PT Trakindo Utama Surabaya.....	40
Gambar 4. 2 Spesifikasi <i>Excavator</i> 320D2 (Trakindo, Product Detail, 2018) .....	44

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Proyeksi Permintaan Alat Berat di Sektor Pertambangan Tahun 2013-2017.....	2
Tabel 1. 2 Proyeksi Permintaan Alat Berat di Sektor Konstruksi Tahun 2013-2017 .....	3
Tabel 1. 3 Rekapitulasi Target PM dan Pelaksanaan PM Unit <i>Excavator</i> XBA.....	5
Tabel 1. 4 Rekapitulasi Target PM dan Pelaksanaan PM Unit <i>Excavator</i> ZBH .....	6
Tabel 4. 9 Elemen Penyusun Biaya <i>Cf</i> .....	48
Tabel 4. 10 Elemen Penyusun Biaya <i>Cp</i> .....	48
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Hasil <i>Running</i> Total Biaya Penggantian Preventif ( <i>Ctp</i> ) dan Interval Penggantian Preventif Optimal ( <i>tp</i> ) Menggunakan <i>Software</i> Matlab50	
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Hasil <i>Running</i> Total Biaya Penggantian Preventif ( <i>Ctp</i> ) dan Interval Penggantian Preventif Optimal ( <i>tp</i> ) (lanjutan) .....	51
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Hasil <i>Running</i> Total Biaya Penggantian Preventif ( <i>Ctp</i> ) dan Interval Penggantian Preventif Optimal ( <i>tp</i> ) (lanjutan) .....	52
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Jumlah Penggantian Preventif Optimal ( <i>n*</i> ) pada Seluruh Unit <i>Excavator</i> .....	53
Tabel 4. 15 Rekapitulasi Jumlah Penggantian Preventif Optimal ( <i>n*</i> ) pada Seluruh Unit <i>Excavator</i> (lanjutan).....	53
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Jumlah Penggantian Preventif Optimal ( <i>n*</i> ) pada Seluruh Unit <i>Excavator</i> (lanjutan).....	54
Tabel 4. 19 Perbandingan Antara Total Biaya Penggantian Preventif Eksisting dengan Total Biaya Penggantian Preventif Optimal.....	54
Tabel 4. 21 Elemen Penyusun Biaya PM.....	56
Tabel 4. 22 Rekapitulasi PM dan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal XBA10503....	
.....	56
Tabel 4. 23 Rekapitulasi PM dan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal XBA10542....	
.....	57

Tabel 4. 24 Rekapitulasi PM dan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal XBA10551 ...	57
Tabel 4. 25 Rekapitulasi PM dan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal XBA10552 ...	57
Tabel 4. 26 Rekapitulasi PM dan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal XBA10592 ...	58
Tabel 4. 27 Rekapitulasi PM dan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal XBA10620 ...	58
Tabel 4. 31 Rekapitulasi PM dan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal ZBH10436....	59
Tabel 4. 32 Rekapitulasi PM dan Total Biaya <i>Maintenance</i> Optimal ZBH10437....	59
Tabel 4. 35 Perbandingan Frekuensi PM Eksisting dengan PM Optimal .....	59
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Total Biaya PM Inspeksi Komponen untuk Semua Unit <i>Excavator</i> .....	62

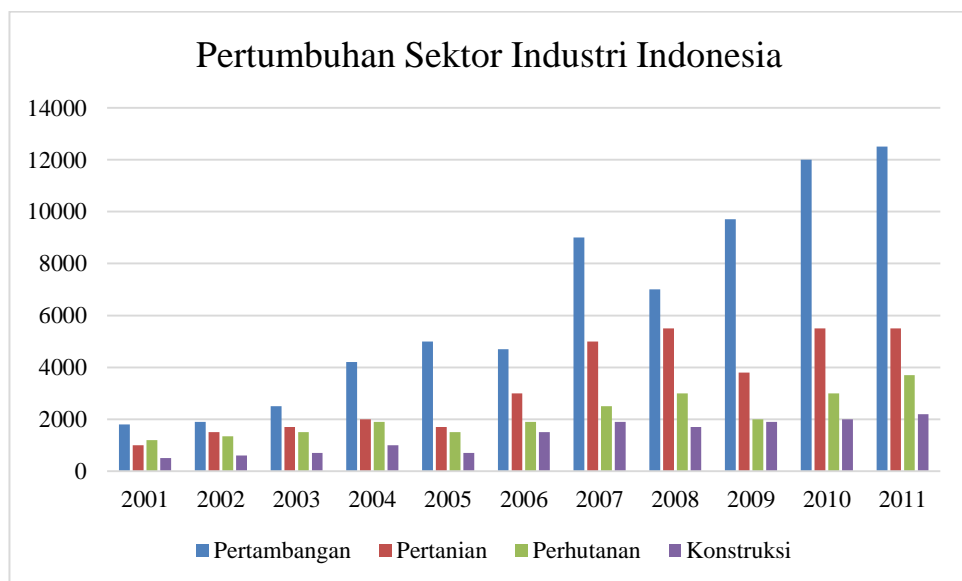
# BAB 1

## PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah, serta rumusan permasalahan pada penelitian ini. Selain itu, juga akan dijelaskan mengenai tujuan dan manfaat, serta batasan dan asumsi pada penelitian ini.

### 1.1 Latar Belakang

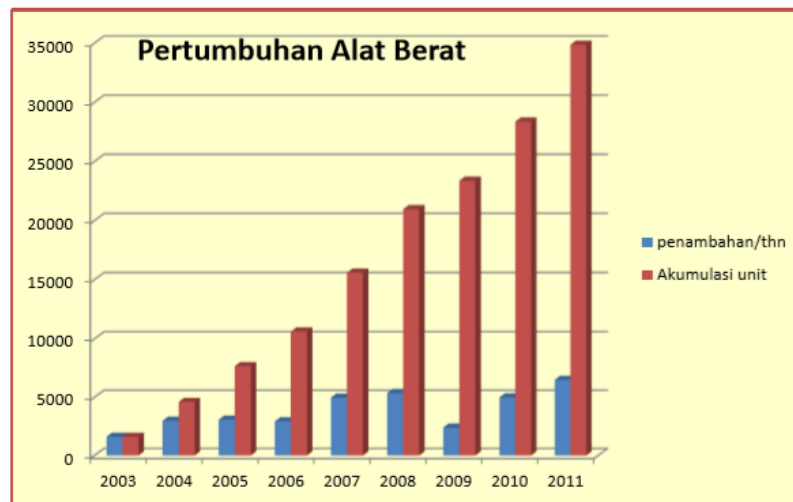
Seiring dengan kemajuan zaman dan teknologi, pertumbuhan industri pertambangan dan konstruksi di Indonesia semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan oleh sebuah grafik yang menunjukkan trend pertumbuhan industri pertambangan dan konstruksi yang selalu meningkat jumlahnya setiap tahun.



Gambar 1. 1 Perkembangan Sektor Industri Indonesia (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

Dapat dilihat dari Gambar 1.1 bahwa sektor konstruksi selalu mengalami peningkatan setiap tahun, begitu juga dengan sektor pertambangan. Beberapa ahli juga telah memproyeksikan bahwa sektor industri pertambangan di Indonesia akan terus bertambah setiap tahunnya.

Peningkatan pada sektor industri pertambangan dan konstruksi mengakibatkan *demand* terhadap alat berat juga meningkat. Hal ini disebabkan oleh fungsi alat berat yang sangat vital pada kedua sektor industri tersebut sebagai fasilitas utama dalam kegiatan operasionalnya.



Gambar 1. 2 Grafik Pertumbuhan Alat Berat di Indonesia (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

Dari Gambar 1.2 dapat diketahui bahwa terdapat *trend* peningkatan terhadap alat berat dari tahun ke tahun, sehingga *demand* terhadap alat berat untuk tahun-tahun berikutnya dapat diproyeksikan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. 1 Proyeksi Permintaan Alat Berat di Sektor Pertambangan Tahun 2013-2017

Deskripsi	2013 (unit)	2014 (unit)	2015 (unit)	2016 (unit)	2017 (unit)
<i>Hydraulic Excavator</i>	5.058	6.273	8.124	10.288	12.757
<i>Buldozer</i>	2.361	3.067	3.803	5.144	6.379
<i>Dump Truck</i>	2.473	2.788	3.457	4.287	5.316
<i>Motor Grader</i>	899	1.255	864	1.286	1.595
Lainnya	450	558	691	429	532
<b>Total</b>	<b>11.241</b>	<b>13.941</b>	<b>16.939</b>	<b>21.434</b>	<b>26.579</b>

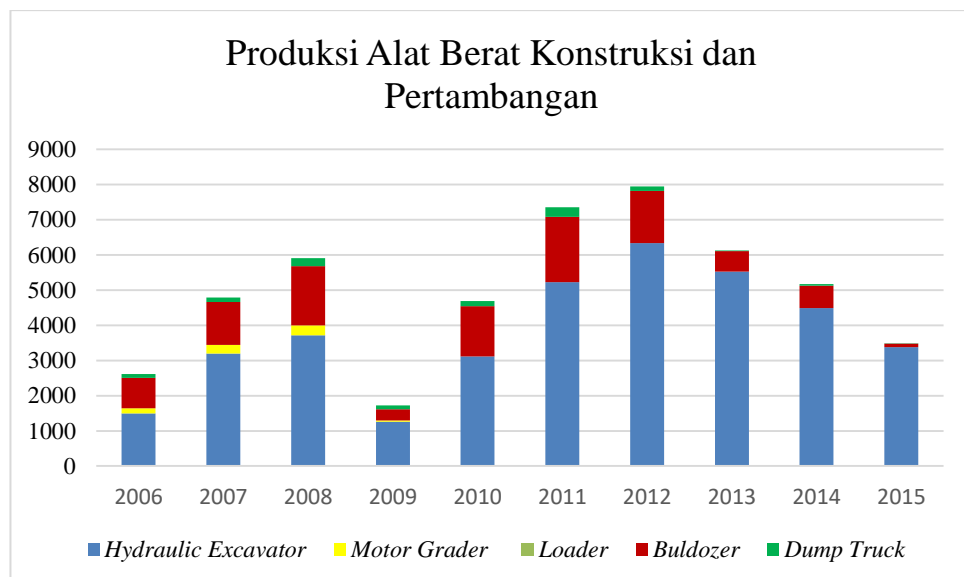
Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2012

Tabel 1. 2 Proyeksi Permintaan Alat Berat di Sektor Konstruksi Tahun 2013-2017

Deskripsi	2013 (unit)	2014 (unit)	2015 (unit)	2016 (unit)	2017 (unit)
<i>Hydraulic Excavator</i>	1.014	1.186	1.531	1.791	2.095
<i>Bulldozer</i>	865	907	1.021	1.194	1.397
<i>Dump Truck</i>	537	698	612	716	838
<i>Motor Grader</i>	298	419	510	597	698
Lainnya	268	279	408	478	559
<b>Total</b>	<b>2.982</b>	<b>3.489</b>	<b>4.082</b>	<b>4.776</b>	<b>5.587</b>

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2012

Dari sekian banyak jenis alat berat yang diproduksi, terdapat beberapa jenis alat berat yang umum digunakan pada pertambangan dan konstruksi, seperti *excavator*, *bulldozer*, *motor grader*, dan *loader*. *Excavator* merupakan salah satu jenis alat berat dengan permintaan yang paling tinggi di antara jenis alat berat lainnya, sehingga tingkat produksi untuk *excavator* sangat tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh Gambar 1.3 berikut ini.



Gambar 1. 3 Proporsi Produksi Alat Berat Konstruksi dan Pertambangan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

*Excavator* memiliki fungsi beragam yakni untuk menggali, mengeruk, memindahkan material, dan lain sebagainya. Alat berat jenis tersebut merupakan

*basic equipment* yang akan selalu dibutuhkan di setiap proyek pertambangan atau konstruksi. Namun sayangnya, harga *excavator* tersebut sangat mahal sehingga dibutuhkan investasi awal yang cukup tinggi apabila suatu perusahaan ingin memiliki alat berat tersebut. Selain itu, alat berat juga membutuhkan biaya tinggi pada perawatan untuk memastikan kegiatan operasional tidak akan terganggu oleh kerusakan komponen atau mesin pada alat berat. Oleh karena itu, muncul suatu kecenderungan oleh perusahaan untuk menyewa (*lease*) alat berat daripada harus membeli sendiri (Glickman and Berger, 1976).

Pada sistem *leasing*, pemilik alat berat (*lessor*) tidak hanya menyediakan alat berat saja, namun juga menyediakan layanan perawatan (*maintenance*) untuk alat berat tersebut. Tujuannya adalah untuk mengurangi risiko kegagalan atau risiko kerusakan yang mungkin terjadi pada alat berat yang disewakan tersebut. *Lessor* yang menyediakan layanan perawatan alat berat tersebut akan bertanggung jawab atas ketersediaan (*availabilitas*) alat berat yang disewakan kepada *lessee*. Dengan demikian, *lessor* akan menanggung seluruh total biaya *maintenance* atas alat berat yang disewakan kepada *lessee*. Total biaya *maintenance* meliputi biaya *preventive maintenance* (PM), *corrective maintenance* (CM), serta biaya penalti.

*Lessor* harus dapat memastikan *availabilitas* alat berat sesuai dengan permintaan *lessee*. Hal ini disebabkan karena terdapat biaya penalti untuk *lessor* setiap terjadi kerusakan pada alat berat, serta apabila durasi waktu PM komponen melebihi waktu yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, *lessor* harus dapat meminimasi total biaya *maintenance* tersebut dengan cara menentukan jumlah PM yang optimal agar alat berat selalu dalam kondisi baik.

PT Trakindo Utama Surabaya merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang penyewaan alat berat untuk industri pertambangan dan konstruksi yang berada di Jawa Timur dan sekitarnya. Perawatan dan perbaikan atas alat-alat berat yang disewakan kepada *lessee* menjadi tanggung jawab PT Trakindo Utama Surabaya. Saat ini, PT Trakindo Utama Surabaya telah memiliki kebijakan *maintenance* untuk alat-alat berat yang disewakan tersebut, yakni dengan menjadwalkan kegiatan PM berdasarkan SMU (*service meter unit*) masing-masing alat berat. PM akan dilakukan pada masing-masing alat berat yang



telah mencapai siklus SMU tertentu, yakni kelipatan 250 jam kerja sejak alat berat digunakan untuk pertama kali.

Dengan ketentuan jadwal PM seperti itu, alat berat sering mengalami *stopage* akibat PM yang harus dilakukan, sehingga *lessee* seringkali kehilangan jam kerja akibat alat berat yang harus di PM terlebih dahulu. Seringkali *lessee* menolak *lessor* untuk melakukan PM pada saat jadwalnya telah tiba dengan alasan *lessee* ingin memaksimalkan utilitas dari alat berat yang disewa. Meskipun PM sering terlambat dilakukan, kerusakan pada komponen masih jarang terjadi. Sehingga dapat dikatakan bahwa batas kontrol usia komponen tersebut masih lebih panjang daripada interval PM yang saat ini dilakukan. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi *over-maintenance* pada kebijakan PM saat ini.

Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan ketidaksesuaian antara target PM dengan pelaksanaan PM yang sesungguhnya, dimana sebagian besar PM dilakukan tidak tepat waktu.

Tabel 1. 3 Rekapitulasi Target PM dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* XBA

No	Serial Number	Jenis PM	Eksekusi SMU	Target PM	Pelaksanaan PM
1	XBA10503	0250 (0250 H)	255	11/1/2017	11/16/2017
2	XBA10503	0500 (0500 H)	508	1/1/2018	1/15/2018
3	XBA10503	0250 (0750 H)	780	2/23/2018	2/28/2018
4	XBA10542	0250 (0250 H)	602	12/19/2017	12/19/2017
5	XBA10542	0250 (0750 H)	816	12/27/2017	1/3/2018
6	XBA10542	1000 (1000 H)	1058	1/22/2015	1/22/2015
7	XBA10542	0500 (1500 H)	1521	2/14/2018	2/14/2018
8	XBA10542	2000 (2000 H)	2048	2/22/2018	2/28/2018
9	XBA10551	0250 (0250 H)	490	1/1/2018	1/6/2018
10	XBA10551	0250 (0750 H)	700	2/6/2018	1/31/2018
11	XBA10551	1000 (1000 H)	1016	2/19/2018	2/27/2018
12	XBA10552	0250 (0250 H)	561	12/1/2017	12/16/2017
13	XBA10552	0250 (0750 H)	789	1/14/2018	1/19/2018
14	XBA10552	1000 (1000 H)	1025	1/29/2018	1/31/2018
15	XBA10552	0500 (1500 H)	1564	2/7/2018	2/15/2018

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 1. 4 Rekapitulasi Target PM dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* ZBH

No	Serial Number	Jenis PM	Eksekusi SMU	Target PM	Pelaksanaan PM
1	ZBH10184	0250 (0250 H)	249	11/1/2017	11/17/2017
2	ZBH10184	0500 (0500 H)	605	1/1/2018	1/9/2018
3	ZBH10184	0250 (0750 H)	631	2/10/2018	1/25/2018
4	ZBH10184	1000 (1000 H)	987	3/14/2018	3/13/2018
5	ZBH11348	0250 (0250 H)	538	1/1/2018	1/10/2018
6	ZBH11348	0500 (0500 H)	538	1/1/2018	1/10/2018
7	ZBH11348	0250 (0750 H)	770	2/8/2018	2/12/2018
8	ZBH11348	1000 (1000 H)	973	3/7/2018	3/7/2018
9	ZBH11348	0250 (1250 H)	1298	4/6/2018	4/10/2018
10	ZBH11436	0250 (0250 H)	278	12/1/2017	12/30/2017
11	ZBH11436	0500 (0500 H)	490	1/26/2018	1/25/2018
12	ZBH11436	0750 (0750 H)	718	3/3/2018	2/26/2018
13	ZBH11436	1000 (1000 H)	1016	4/5/2018	4/7/2018
14	ZBH11437	0250 (0250 H)	600	1/1/2018	1/15/2018
15	ZBH11437	0500 (0500 H)	753	2/1/2018	2/1/2018

Sumber: Pengolahan Data

Dari Tabel 1.3 dan Tabel 1.4 dapat dilihat bahwa seringkali PM tidak dilakukan sesuai jadwal yang seharusnya. Oleh karena itu, harus dilakukan perbaikan pada kebijakan PM yang ada saat ini untuk menentukan PM yang optimal agar indikasi *over-maintenance* tersebut dapat diatasi, yakni dengan mereduksi frekuensi PM sehingga total biaya *maintenance* yang terlalu tinggi dapat diminimalisir.

Terdapat dua macam PM yang dapat dilakukan pada suatu komponen, yakni *perfect* PM dan *imperfect* PM. *Perfect* PM adalah PM yang dilakukan dengan tujuan untuk mengembalikan kondisi komponen agar seperti sedia kala (*as good as new*). Sedangkan *imperfect* PM adalah PM yang dilakukan untuk mengembalikan kondisi komponen pada suatu titik di antara kondisi awal dan kondisi sesaat sebelum PM dilakukan. Jenis PM yang dilakukan PT Trakindo Utama Surabaya adalah *perfect* PM dan *imperfect* PM.

Terdapat dua macam metode yang dapat digunakan untuk menentukan PM optimal pada jenis *imperfect* PM, yaitu *Age Reduction Method* (ARM) dan

*Failure Rate Reduction Method* (FRRM). Pada metode ARM, PM akan dilakukan ketika komponen mencapai batas kontrol usia yang telah ditentukan, sedangkan FRRM merupakan metode *imperfect* PM dengan pendekatan reduksi laju kerusakan (*failure rate*), dimana PM yang dilakukan bertujuan untuk mengembalikan kondisi suatu komponen.

Pada penelitian ini, metode ARM dipilih untuk menentukan kebijakan PM optimal yang akan digunakan untuk menentukan batas kontrol usia komponen. Metode ARM dinilai lebih efektif daripada metode FRRM karena tidak hanya dapat mengembalikan kondisi komponen, namun juga menghambat laju kerusakan pada komponen tersebut (Ruey Huei Yeh dkk, 2010). Objek yang diteliti adalah *Excavator* 320D2 dengan nomor seri XBA dan ZBH yang merupakan unit alat berat dengan jumlah terbanyak yang dimiliki perusahaan saat ini. ARM dapat digunakan pada penelitian tersebut karena komponen-komponen pada *excavator* merupakan jenis komponen yang memiliki karakteristik *increasing failure rate*, sehingga ARM dapat berfungsi untuk menekan laju kerusakan (*failure rate*) tersebut. Dengan demikian, penentuan PM optimal dengan pertimbangan minimasi total biaya *maintenance* dengan *Age Reduction Method* (ARM) diharapkan mampu memberikan solusi terhadap permasalahan yang terjadi pada PT Trakindo Utama Surabaya.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan pada subbab 1.1, maka rumusan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah untuk menentukan jumlah PM optimal dengan pertimbangan minimasi total biaya *maintenance* dengan menggunakan *Age Reduction Method* (ARM).

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berikut ini merupakan tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini.

1. Mengidentifikasi komponen-komponen beserta data kerusakan pada *Excavator*

2. Menentukan PM optimal pada komponen *Excavator* menggunakan *Age Reduction Method* (ARM)
3. Membandingkan PM kondisi eksisting dengan PM optimal *Excavator*
4. Membandingkan total biaya *maintenance* saat ini dengan total biaya *maintenance* hasil rekomendasi perbaikan PM

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memudahkan *lessor* dalam mengetahui dan mengidentifikasi komponen kritis pada *Excavator*
2. Memudahkan *lessor* dalam menentukan penjadwalan *preventive maintenance* (PM) yang optimal pada *Excavator*
3. Memudahkan *lessor* dalam melakukan penghematan biaya pada sistem layanan perawatan sehingga profit yang diperoleh maksimum

#### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Berikut ini merupakan ruang lingkup penelitian yang meliputi batasan dan asumsi yang digunakan selama penelitian dilakukan.

##### **1.5.1 Batasan**

Berikut ini merupakan batasan yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Penelitian hanya dilakukan pada alat berat jenis *Excavator* 320D2 untuk nomor seri XBA dan ZBH
2. Pengolahan data dilakukan hanya sampai jenis kerusakan komponen pada SMU 2000

##### **1.5.2 Asumsi**

Berikut ini merupakan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Tidak ada perubahan kontrak atau perjanjian antara *lessor* dengan *lessee* pada saat penelitian berlangsung
2. *Excavator* digunakan selama 8 jam per hari
3. PM 250 *initial* tidak diikutsertakan dalam penelitian karena hanya dilakukan sekali

4. Unit *excavator* dengan nomor seri XBA dan ZBH mempunyai aktivitas PM yang sama
5. Biaya-biaya terkait dengan aktivitas *maintenance* tidak mengalami perubahan selama penelitian berlangsung
6. Komponen dalam kondisi rusak ketika PM penggantian preventif dilakukan

## **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Laporan tugas akhir ini terdiri atas 6 bab. Penjelasan secara mendetail mengenai ke-enam bab tersebut akan dijabarkan pada sistematika penulisan laporan sebagai berikut.

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada Bab 1 Pendahuluan dijelaskan mengenai hal-hal yang menjadi dasar dilakukannya penelitian tersebut, serta identifikasi permasalahan penelitian yang terdiri atas latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta ruang lingkup penelitian yang dibagi menjadi batasan dan asumsi, yang digunakan dalam penyusunan penelitian tugas akhir ini.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada Bab 2 Tinjauan Pustaka dijelaskan mengenai teori-teori yang akan digunakan sebagai landasan dalam melakukan penelitian tersebut. Tinjauan pustaka tersebut juga akan memberi penjelasan tentang metode yang akan digunakan pada penelitian ini. Tinjauan pustaka diperoleh dari berbagai referensi yang kredibel sehingga dapat digunakan sebagai pedoman dalam melakukan penelitian. Bab tinjauan pustaka tersebut berisikan penjelasan mengenai sewa guna usaha (*leasing*), *maintenance*, alat berat (*heavy equipment*), *check sheet*, diagram pareto, distribusi laju kerusakan, *Age Reduction Method* (ARM), serta penelitian-penelitian terdahulu.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Pada Bab 3 Metodologi Penelitian akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini. Metodologi penelitian berisi penjelasan secara rinci mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian. Metodologi penelitian ini meliputi tahap identifikasi

dan perumusan masalah, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, tahap analisis dan interpretasi, serta yang terakhir adalah tahap penarikan kesimpulan dan penyusunan saran.

#### BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada Bab 4 Pengumpulan Data ini akan dijelaskan mengenai metode pengumpulan data yang dilakukan penulis dalam memperoleh data-data untuk menyelesaikan penelitian ini. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data profil perusahaan dan proses bisnis PT Trakindo Utama Surabaya, serta data-data kerusakan *Excavator*. Pada penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode pengamatan, wawancara, dan data sekunder. Data-data yang telah diperoleh dari bab sebelumnya kemudian diolah melalui tahapan perhitungan keterlambatan pelaksanaan PM, perhitungan *time to failure* (TTF), perhitungan parameter berdasarkan jenis distribusi data, serta penentuan PM optimal dan total biaya *maintenance*.

#### BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada Bab 5 Analisis dan Pembahasan ini akan dilakukan analisis dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data pada bab 5. Analisis yang dilakukan adalah analisis keterlambatan pelaksanaan PM, analisis perbandingan PM optimal dengan PM perusahaan, serta analisis perbandingan total biaya *maintenance* optimal dengan total biaya *maintenance* perusahaan.

#### BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab 6 Kesimpulan dan Saran ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil pelaksanaan penelitian sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, serta saran-saran yang dapat diberikan untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka, sebagai dasar teori yang digunakan peneliti dalam melakukan penelitian.

#### **2.1 Sewa Guna Usaha (*Leasing*)**

*Leasing* dalam bahasa Indonesia berarti “sewa guna usaha”. Di Indonesia, kegiatan usaha leasing telah dilegalkan dengan berdasar pada keputusan bersama antara Menteri Keuangan, Menteri Perindustrian, dan Menteri Perdagangan tentang Perizinan Usaha Leasing tahun 1974 No. Kep-122/MK/IV/2/1974, Nomor 32/M/SK/2/1974, dan Nomor 30/Kpb/I/1974.

Menurut Coyle (2002), terdapat 2 pihak yang harus terlibat secara langsung dalam suatu perjanjian leasing, yaitu:

1. *Lessor*

Merupakan pemilik sah dari obyek yang disewakan dan mempunyai hak untuk menyewakan obyek yang dimiliki tersebut.

2. *Lessee*

Merupakan pihak yang menerima hak penggunaan sementara dari obyek sewa yang dimiliki *lessor* tersebut.

*Leasing* atau yang disebut juga dengan sewa guna merupakan perjanjian antara *lessor* (pemilik) dengan *lessee* (nasabah), dimana pihak *lessor* menyediakan barang, dengan imbalan berupa pembayaran sewa untuk jangka waktu tertentu yang harus dibayarkan oleh *lessee*.

*Leasing equipment* berarti perjanjian antara *lessor* dan *lessee* untuk menyewakan suatu objek sewaan (peralatan) yang telah dipilih oleh *lessee*. Menurut *Equipment Leasing Association* London, hak kepemilikan atas peralatan yang disewakan tersebut dimiliki oleh *lessor*, sedangkan *lessee* hanya menggunakan peralatan tersebut berdasarkan pembayaran uang sewa yang telah ditentukan dalam jangka waktu tertentu oleh kedua pihak. Jangka waktu yang telah ditetapkan dan disepakati bersama pada perjanjian tersebut merupakan batas

waktu penggunaan peralatan (obyek sewa). Kedua pihak, yakni *lessor* dan *lessee* dapat memutuskan untuk melakukan perpanjangan kontrak *leasing* atau tidak, setelah perjanjian berakhir (Coyle, 2000).

#### 2.1.1 Persyaratan *Leasing*

Perjanjian dapat dikatakan sebagai *leasing* apabila memenuhi persyaratan berikut ini.

1. Obyek *leasing*: terdapat obyek sewa yang akan disewakan, seperti mesin dan peralatan, uang, kendaraan, atau modal berbentuk lain
2. Pihak-pihak yang terlibat dalam leasing: yakni *lessor* sebagai pemilik obyek sewa, dan *lessee* sebagai pihak yang menerima hak penggunaan obyek sewa milik *lessor*
3. Pembayaran berkala dalam jangka waktu tertentu: *lessee* wajib membayarkan biaya sewa yang telah disepakati bersama di awal kontrak (perjanjian)
4. Nilai sisa atau *residual value*
5. Kewajiban pajak
6. Hak opsi bagi *lessee* untuk membeli obyek sewa: setelah menggunakan jasa sewa obyek dalam jangka waktu tertentu, *lessee* akan memiliki hak opsi untuk membeli obyek sewa yang dimiliki oleh *lessor*

#### 2.1.2 Jenis-jenis *Leasing*

*Leasing* terbagi menjadi 2 jenis berdasarkan sifat perjanjian yang disepakati antara *lessor* dengan *lessee*.

1. *Operating lease* (Sewa Operasional)

Merupakan jenis *leasing* dimana *lessor* menjadi pihak yang memegang seluruh risiko dan manfaat yang berkaitan dengan kepemilikan obyek sewa. *Lessor* bertanggung jawab atas kebutuhan *maintenance* dan asuransi, serta depresiasi.



## 2. *Financial lease* (Sewa Pembiayaan)

Merupakan jenis leasing dimana *lessee* memegang seluruh risiko dan manfaat yang berkaitan dengan kepemilikan obyek sewa. Hal tersebut berarti bahwa *lessee* bertanggung jawab untuk mengurus *maintenance* dan asuransi obyek tersebut.

### 2.2 *Maintenance*

*Maintenance* atau pemeliharaan merupakan suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengembalikan keandalan mesin-mesin tertentu, baik itu mesin produksi, maupun mesin konstruksi berupa alat berat. Kegiatan *maintenance* tersebut meliputi inspeksi, penambahan bahan-bahan habis pakai, perbaikan serta penggantian komponen pada suatu peralatan atau mesin.

Menurut Assauri (2002), *maintenance* atau pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau merawat mesin-mesin pabrik, termasuk mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan sehingga tercapai suatu keadaan proses produksi yang optimal dan sesuai dengan apa yang direncanakan.

#### 2.2.1 Tujuan *Maintenance*

*Maintenance* dilakukan dengan tujuan untuk mengembalikan keandalan suatu mesin agar seperti keadaan semula, atau setidaknya mendekati keadaan semula, sehingga keberlangsungan operasi suatu sistem produksi dapat berjalan dengan baik.

Menurut Daryus (2007), tujuan dari *maintenance* pada fasilitas adalah sebagai berikut.

1. Untuk memperpanjang usia pemakaian peralatan
2. Untuk memastikan bahwa peralatan produksi selalu tersedia sehingga dapat meningkatkan profit investasi perusahaan semaksimal mungkin
3. Untuk memastikan bahwa seluruh peralatan darurat selalu siap tersedia ketika terjadi keadaan darurat
4. Untuk menjamin keselamatan dan kesehatan kerja bagi orang-orang yang menggunakan fasilitas atau peralatan tersebut

Sedangkan menurut Assauri (2004), tujuan *maintenance* fasilitas antara lain adalah

1. Agar produksi mampu memenuhi rencana dan target produksi
2. Menjamin kualitas sesuai dengan standar tertentu agar dapat memenuhi kebutuhan produk yang dihasilkan
3. Untuk mengawasi penggunaan sumber daya agar sesuai batas dan tidak terjadi penyimpangan, sehingga dapat menjaga modal awal yang telah diinvestasikan perusahaan
4. Untuk menekan biaya *maintenance* sekecil mungkin dengan melakukan kegiatan *maintenance* yang efektif dan efisien
5. Meningkatkan integrasi antara fungsi-fungsi pada suatu perusahaan dalam rangka mencapai tujuan utama yakni memperoleh *return on investment* yang optimal dengan biaya yang rendah

#### 2.2.2 Manfaat *Maintenance*

Kegiatan *maintenance* yang efektif akan memiliki banyak manfaat, antara lain sebagai berikut.

1. Proses produksi berjalan dengan lancar dan dapat memenuhi target produksi perusahaan
2. Meminimalisir biaya kerusakan pada mesin-mesin produksi yang mungkin terjadi
3. Meminimalisir *defect rate* pada produk
4. Memperpanjang usia pemakaian mesin produksi
5. Meningkatkan *safety* (keamanan) terhadap pekerja dan lingkungan sekitar area produksi dari bahaya yang mungkin timbul akibat kerusakan mesin

Kegiatan *maintenance* dilakukan tidak hanya untuk memperbaiki mesin yang rusak, namun juga untuk memelihara mesin sehingga proses produksi dapat berjalan secara efektif dan efisien agar dapat memenuhi target produksi.

### 2.2.3 Kebijakan *Maintenance*

Terdapat beberapa kebijakan *maintenance* yang dapat diterapkan pada mesin-mesin sesuai dengan kebutuhan mesin tersebut. Kebijakan *maintenance* yang berbeda dilakukan dengan tujuan untuk meminimalisir biaya *maintenance* karena masing-masing mesin memiliki tingkat kerusakan (*failure rate*) yang berbeda pula. Berikut ini merupakan kebijakan *maintenance* yang umum digunakan oleh perusahaan.

#### 2.2.3.1 *Preventive Maintenance*

Secara umum, *preventive maintenance* merupakan kegiatan *maintenance* yang dilakukan sebelum terjadi *failure* (kerusakan) pada mesin. Menurut Ebeling, *preventive maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal, umumnya secara berkala seperti inspeksi dan penggantian komponen.

Sedangkan menurut Adam, *preventive maintenance* adalah kegiatan *maintenance* yang dilakukan untuk mencegah kerusakan pada mesin. Seperti yang telah diketahui bahwa usia pemakaian suatu mesin akan berkurang seiring dengan frekuensi pemakaian, maka dari itu inspeksi harus dilakukan secara berkala.

Menurut Assauri, *preventive maintenance* adalah kegiatan *maintenance* yang dimaksudkan untuk menemukan kondisi komponen yang tidak sesuai dengan yang seharusnya, sehingga tidak akan terjadi kerusakan pada saat proses produksi berjalan.

*Preventive maintenance* yang umumnya dilakukan pada mesin-mesin terbagi menjadi dua macam, yakni rutin dan berkala (periodik). Kegiatan *maintenance* rutin dilakukan setiap hari untuk memastikan mesin dalam kondisi baik seperti inspeksi oli, pembersihan komponen-komponen dalam mesin, penambahan bahan bakar, inspeksi tekanan dan temperatur, serta pemanasan (*warming-up*) mesin sebelum mulai digunakan. Sedangkan kegiatan *maintenance* berkala (periodik) dilakukan dalam interval waktu tertentu, seperti satu atau dua minggu sekali.

*Preventive maintenance* sangat diperlukan untuk memastikan bahwa komponen-komponen pada mesin selalu dalam kondisi baik,

sehingga mesin tidak akan mengalami kerusakan dan dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Hal ini tentunya sangat penting bagi mesin-mesin yang digunakan untuk proses produksi sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar. Rendahnya tingkat kerusakan pada mesin produksi tersebut dapat meningkatkan produktivitas, serta mengurangi biaya yang lebih besar akibat penggantian komponen yang rusak.

Dalam kaitannya dengan sifat keandalan suatu mesin, *preventive maintenance* dibagi menjadi dua jenis, yakni *perfect preventive maintenance* dan *imperfect preventive maintenance*.

- *Perfect preventive maintenance* adalah jenis PM yang dapat mengembalikan kondisi *equipment* seperti sedia kala
- *Imperfect preventive maintenance* adalah jenis PM yang hanya akan mengembalikan kondisi *equipment* pada suatu titik di antara kondisi awal dan kondisi saat PM tersebut dilakukan

#### 2.2.3.2 Predictive Maintenance

Menurut Ebeling, *predictive maintenance* adalah kegiatan *maintenance* yang dilakukan setelah terdapat gejala-gejala atau kondisi dimana suatu mesin mengalami kemunduran fungsi kerja yang akan menyebabkan kerusakan (*failure*). Gejala-gejala kerusakan tersebut dapat diketahui dari indikator-indikator yang terpasang pada mesin itu sendiri. *Predictive maintenance* dilakukan untuk memprediksi seberapa lama waktu yang dibutuhkan mesin tersebut sampai benar-benar mengalami kerusakan.

Tujuan dari *predictive maintenance* adalah untuk meminimalisir kerusakan (*failure*) yang dapat terjadi pada suatu mesin, yakni dengan menggunakan teknologi yang sesuai untuk mengukur kondisi mesin tersebut, serta dapat mengenali dan mengidentifikasi gejala-gejala kerusakan, sehingga dapat diprediksi kapan mesin akan mengalami *failure* atau bahkan *breakdown*.

### 2.2.3.3 *Corrective Maintenance*

Menurut Assauri, *corrective maintenance* adalah *maintenance* yang dilakukan setelah suatu mesin mengalami kerusakan (*failure*) sehingga harus diperbaiki atau diganti. Oleh karena itu, kegiatan *corrective maintenance* tersebut tidak dapat dijadwalkan seperti *preventive maintenance*.

Biaya yang dikeluarkan untuk *corrective maintenance* umumnya lebih mahal daripada *preventive maintenance* karena harus memperbaiki atau mengganti komponen mesin yang baru, sehingga akan lebih baik apabila mesin selalu di-maintain agar tidak sampai rusak. Oleh karena itu, dikenal istilah *minimal repair* pada *corrective maintenance*.

Namun bukan berarti *corrective maintenance* akan selalu merugikan apabila dibandingkan dengan *preventive maintenance*. Hal tersebut dapat dilihat pada komponen lampu. Lampu tidak dapat di-maintain, melainkan akan digunakan sampai usia pemakainnya habis, kemudian diganti dengan lampu yang baru. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *maintenance* sangat bergantung pada karakteristik mesin itu sendiri.

## 2.3 **Alat Berat**

Alat berat merupakan kendaraan-kendaraan besar, yang umumnya terbuat dari baja dan logam lainnya, dan berfungsi untuk memudahkan pekerjaan yang membutuhkan tenaga besar yang tidak mungkin dilakukan oleh tenaga manusia. Oleh karena fungsinya yakni untuk memudahkan pekerjaan manusia, serta memiliki ukuran yang sangat berat karena terbuat dari baja, maka kendaraan-kendaraan besar tersebut kemudian disebut sebagai alat- alat berat. Alat berat tersebut merupakan faktor penting pada suatu proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan, dan kegiatan lainnya dengan skala besar (Rostiyanti, 2009).

Berikut ini merupakan jenis-jenis alat berat yang umum digunakan pada suatu proyek atau pertambangan.

### 1. *Excavator*

*Excavator* merupakan alat berat yang biasanya digunakan untuk mengeruk, memindahkan, serta membersihkan material berupa tanah atau pasir, yang dilengkapi dengan lengan (*arm*) yang cukup panjang untuk menjangkau jarak tertentu (Hadi, 1992).



Gambar 2. 1 *Excavator* Merk Caterpillar (Trakindo, Product Detail, 2018)

- *Backhoe*  
Merupakan jenis *excavator* dengan pengeduk ke arah belakang. Terdapat 2 macam *backhoe*, yaitu *backhoe* dengan sistem kontrol hidrolis dan *backhoe* dengan sistem kontrol kabel-*sling*
- *Clamshell*  
Merupakan jenis *excavator* yang berfungsi sebagai penjepit. *Clamshell* memiliki *swing* yang bergerak secara vertikal ke atas dan ke bawah untuk membawa material-material seperti pasir, kerikil, dan bebatuan
- *Shovel*  
Merupakan jenis *excavator* dengan pengeduk ke arah depan. Terdapat 2 macam *shovel*, yakni *shovel* dengan sistem kontrol hidrolis dan *shovel* dengan sistem kontrol kabel-*sling*.



Gambar 2. 2 *Shovel* Hidrolik Merk Caterpillar (**Trakindo, Product Detail, 2018**)

- *Dragline*

Merupakan jenis *excavator* dengan pengeduk yang juga berfungsi sebagai penarik material

2. *Dozer*

*Dozer* merupakan jenis alat berat yang biasa digunakan untuk mengeruk, meratakan, serta menarik material berupa tanah atau pasir, dengan pisau (*blade*) di depannya. Terdapat 2 jenis *dozer*, yakni *Wheel Dozer* dan *Tracket Dozer*. *Wheel Dozer* merupakan jenis *dozer* dengan roda ban sebagai penggerakannya. Sedangkan *Tracket Dozer* merupakan jenis *dozer* dengan roda rantai sebagai penggerakannya.



Gambar 2. 3 *Tracket-Dozer* Merk Caterpillar (**Trakindo, Product Detail, 2018**)

### 3. *Off-Highway Truck*

*Off-Highway Truck* merupakan alat berat transportasi material yang biasa digunakan untuk mengangkut dan memindahkan berbagai material ke suatu tempat dengan volume yang sangat besar setiap kali muatan. *Off-Highway Truck* umumnya terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan kapasitas volume angkutnya. *Off-Highway Truck* disebut juga sebagai *Dump Truck*. Umumnya, dump truck dibagi menjadi 3 jenis, yakni sebagai berikut.

- *Side dump truck*  
Merupakan jenis dump truck dengan bak penumpahan ke samping
- *Rear dump truck*  
Merupakan jenis dump truck dengan bak penumpahan ke belakang
- *Side and rear dump truck*  
Merupakan jenis dump truck dengan bak penumpahan ke samping dan ke belakang





Gambar 2. 4 *Off-Highway Truck* (Trakindo, Product Detail, 2018)

#### 4. *Loader*

*Loader* adalah alat yang digunakan sebagai fasilitas penunjang pada proses bongkar-muat material dengan menggunakan *dump truck* (Hadi, 1992). *Loader* merupakan traktor yang dilengkapi dengan “*bucket*” yang berfungsi untuk mengangkut material ke dalam *dump truck*. dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan penggerak utamanya, yakni *loader* dengan *crawl tractor* (penggerak rantai) dan *loader* dengan *wheel tractor* (penggerak ban).



Gambar 2. 5 *Loader* Merk Caterpillar (Trakindo, Product Detail, 2018)

## 2.4 Check Sheet

*Check sheet* merupakan salah satu tools pada *seven basic tools* pengendalian kualitas (*quality control*). *Check sheet* berupa lembar kerja sederhana yang berisi pencatatan atas data-data yang dibutuhkan sehingga perekaman data dapat dilakukan dengan lebih mudah. Umumnya, data pada *check sheet* bersifat kuantitatif sehingga data dapat diolah dengan cepat. *Check sheet* juga merupakan salah satu input untuk dapat melakukan pengolahan data pada diagram pareto. Berikut ini adalah salah satu contoh untuk *check sheet*.

**CONTOH CHECK SHEET UNTUK PENYEBAB KERUSAKAN**

Produk : \_\_\_\_\_  
Hari/ Tgl : \_\_\_\_\_

Pukul : \_\_\_\_\_  
Pekerja : \_\_\_\_\_  
Pengawas : \_\_\_\_\_  
Paraf : \_\_\_\_\_

Petunjuk Pengisian:  
• Beri tanda lidi (I) untuk setiap kejadian sesuai penyebab  
• Tulis jumlah lidi pada kolom jumlah

No	Penyebab	Frekuensi	Jumlah
1	Tegangan Listrik tidak stabil	IIII	4
2	Gangguan Mesin	II	2
3	Mutu Bahan	II	2
4	Kesalahan Pekerja	III	3
		Jumlah	11

Gambar 2. 6 Contoh *Check Sheet* Identifikasi Penyebab Kerusakan

Menurut Tague, *check sheet* dapat digunakan pada kondisi seperti, ketika data dapat diobservasi dan dikumpulkan secara berulang kali. Berikut ini adalah fungsi *check sheet* pada suatu perusahaan manufaktur menurut (Ishikawa, 1982).

- Inspeksi pendistribusian pada proses produksi (*production process distribution checks*)
- Inspeksi item yang cacat (*defective item checks*)
- Inspeksi lokasi cacat (*defective location checks*)
- Inspeksi konfirmasi pemeriksaan (*check-up confirmation checks*)

Pada analisis sistem *maintenance*, *check sheet* juga dapat digunakan untuk merekam data kerusakan, seperti frekuensi kejadian atau kerusakan dan waktu kerusakan.

## 2.5 *Reliability*

*Reliability* (keandalan) adalah suatu kemampuan suatu *equipment* untuk menjalankan fungsi awalnya pada kondisi normal dan dalam jangka waktu tertentu (Elsayed, 2012). *Reliability* dapat dikuantifikasi menggunakan pendekatan statistik karena *reliability* suatu *equipment* akan terus berubah terhadap waktu, sehingga diperlukan suatu model yang dapat menggambarkan kondisi *reliability equipment* pada waktu kapanpun. Pada *repairable equipment*, *reliability* merupakan probabilitas dimana kerusakan (*failure*) tidak terjadi selama interval antar kerusakan. Probabilitas kerusakan tersebut dapat diekspresikan sebagai *failure rate* (laju kerusakan). Sedangkan pada *non-repairable equipment*, *reliability* adalah probabilitas suatu *equipment* untuk bertahan dalam satu kali siklus hidupnya, dimana kerusakan hanya terjadi sekali dan satu-satunya. Probabilitas kerusakan yang hanya terjadi sekali tersebut disebut sebagai *hazard rate*.

Pada *repairable equipment*, kerusakan (*failure*) dapat terjadi lebih dari satu kali. Interval waktu antar kerusakan yang terjadi tersebut disebut sebagai *time to failure* (TTF). *Reliability* dapat diukur menggunakan *Mean Time Between Failure* (MTBF) untuk *equipment* yang *repairable*, atau *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk *equipment* yang *non-repairable* (O'Connor, 2002). MTBF atau MTTF menunjukkan rata-rata waktu suatu *equipment* dapat bertahan tanpa mengalami suatu kerusakan. Nilai MTBF atau MTTF dapat dihitung melalui persamaan berikut ini.

$$MTTF = \frac{\theta}{\gamma} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^\gamma}{\theta}} dt \quad (2.1)$$

$$MTTF = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right) \quad (2.2)$$

## 2.6 Distribusi Laju Kerusakan

Laju kerusakan (*failure rate*) adalah probabilitas suatu komponen akan mengalami kerusakan pada waktu tertentu. Laju kerusakan dapat digunakan untuk menentukan waktu kerusakan atau waktu antar kerusakan, serta dapat memberikan gambaran mengenai usia pakai suatu komponen (Elsayed, 2012).

Setiap komponen pada suatu mesin memiliki distribusi laju kerusakan tertentu. Perbedaan distribusi laju kerusakan tersebut berbeda berdasarkan karakteristik masing-masing komponen. Setiap laju kerusakan pada komponen atau mesin harus diidentifikasi terlebih dahulu sebelum dilakukan perhitungan untuk menentukan interval optimal *preventive maintenance*.

Pada metode ARM, jenis distribusi yang digunakan adalah distribusi weibull. Berikut ini adalah penjelasan mengenai distribusi weibull.

### 2.6.1 Distribusi Weibull

Distribusi weibull digunakan ketika data laju kerusakan yang tercatat tidak dapat direpresentasikan linier terhadap waktu. Persamaan untuk fungsi kepadatan  $f(t)$  pada distribusi weibull adalah sebagai berikut.

$$f(t) = \frac{\gamma}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\gamma}} \quad (2.3)$$

Persamaan untuk fungsi keandalan  $R(t)$  pada distribusi weibull adalah sebagai berikut.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\gamma}} \quad (2.4)$$

Persamaan untuk fungsi laju kerusakan  $h(t)$  pada distribusi weibull adalah sebagai berikut.

$$h(t) = \frac{\gamma}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\gamma-1} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$\gamma$  = parameter bentuk

$\theta$  = parameter skala

## 2.7 Penentuan Interval Penggantian Preventif

Penggantian preventif penting untuk dilakukan dalam rangka mencegah terjadinya kerusakan komponen. Hal ini disebabkan karena biaya penggantian akibat kerusakan lebih mahal daripada biaya penggantian preventif (Jardine, 2013). Untuk mengurangi jumlah kerusakan yang mungkin terjadi, maka penggantian preventif dapat dilakukan dengan interval tertentu. Penentuan interval penggantian preventif yang optimal dapat mengurangi total biaya penggantian preventif per satuan waktu.

Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan interval penggantian preventif yang optimal.

$$C(tp) = \frac{C_p + C_f H(tp)}{tp} \quad (2.6)$$

Keterangan

$C(tp)$  = total biaya penggantian preventif selama interval  $tp$

$C_p$  = total biaya penggantian preventif

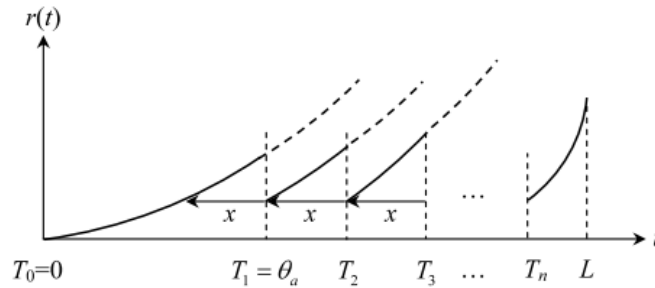
$C_f$  = total biaya kerusakan

$H(tp)$  = jumlah kerusakan selama interval  $tp$

$tp$  = interval penggantian preventif

## 2.8 Penentuan PM dengan Age Reduction Method (ARM)

*Age Reduction Method* (ARM) merupakan salah satu metode pada *imperfect* PM yang digunakan untuk menentukan penjadwalan PM yang optimal. Metode ARM menggunakan pendekatan usia *equipment* dimana PM akan mengembalikan kondisi *equipment* seperti ketika *equipment* berusia lebih muda daripada kondisi saat PM dilakukan (Yeh dkk, 2011). Usia *equipment* tidak dapat direduksi, namun performansi *equipment* dapat dikembalikan seperti ketika *equipment* berusia lebih muda. Gambar 2.7 berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara laju kerusakan dengan waktu pada metode ARM.



Gambar 2. 7 Grafik Hubungan antara *Failure Rate* dengan Waktu Pada ARM (Yeh dkk, 2010)

Suatu *equipment* yang disewa selama periode  $L$  akan mencapai batas kontrol bernilai  $\theta_a$ , dimana pada nilai tersebut PM harus dilakukan untuk mempertahankan karakteristik atau performansi *equipment* agar tetap terjaga seperti pada saat *equipment* berusia lebih muda. PM dilakukan berdasarkan derajat *maintenance* sebesar  $x$ , dimana  $x$  tersebut merupakan satuan waktu yang menunjukkan pengembalian usia *equipment* menjadi lebih muda (Yeh dkk, 2010). Biaya PM disimbolkan dengan  $C_p(x)$ .

Ketika terjadi kerusakan pada *equipment* selama periode *leasing*, perbaikan minimal (*minimal repair*) akan dilakukan oleh *lessor*. *Lessee* juga dapat membebankan biaya penalti kepada *lessor* apabila durasi waktu PM melebihi batas waktu yang telah ditentukan dalam kontrak perjanjian sebelumnya. Biaya tetap pada setiap kerusakan yang terjadi adalah  $C_r$ , dengan durasi waktu perbaikan yang bervariasi dan disimbolkan dengan  $t_r$ . Besarnya biaya penalti untuk durasi waktu PM yang melebihi waktu yang telah disepakati bersama disimbolkan dengan  $C_\tau$ . Ketika nilai  $\theta_a$  dan derajat PM  $x$  telah diperoleh, maka nilai  $n$  dan  $T_i$  akan diketahui.  $n$  adalah jumlah PM yang dilakukan, sedangkan  $T_i$  adalah waktu dimana PM dilakukan. Berikut ini merupakan keterangan notasi-notasi pada persamaan yang digunakan.

$L$  = durasi sewa

$\theta_a$  = batas kontrol usia komponen

$x$  = derajat PM

$C_p(x)$  = biaya PM

$C_r$  = biaya kerusakan

$t_r$  = durasi perbaikan komponen

$C_\tau$  = biaya penalti

$n$  = jumlah PM

$T_i$  = waktu PM dilakukan

$H(t) = h(t)$  = laju kerusakan

Menurut Yeh dkk, ketika  $h(t)$  merupakan fungsi peningkatan terhadap  $t$ , maka berlaku teorema seperti berikut.

Teorema 1: Ketika  $h'(t) > 0$ , untuk  $t > 0$ , maka nilai optimal untuk  $\theta_a$  adalah  $x$  untuk  $n > 0$  dan  $x > 0$ .

Nilai  $\theta_a^*$  sama dengan nilai  $x$  ketika  $h'(t) > 0$ . Dengan kata lain, *equipment* akan dikembalikan pada kondisi awal setelah PM dilakukan.

Dengan batasan kondisi untuk nilai  $x$  adalah  $L/(n+1) \leq x \leq L$ .

Teorema 2: Ketika  $h'(t) > 0$ , untuk  $t > 0$ , maka nilai optimal untuk derajat PM  $x^*$  adalah  $L/(n+1)$  untuk  $n > 0$ .

Berdasarkan teorema 1 dan 2, PM seharusnya dilakukan pada waktu  $ix^*$ , dimana  $i = 1, 2, \dots, n$ . Sedangkan batas atas untuk nilai  $n$  adalah sebagai berikut.

$$\bar{n} = [L/\tau] \quad (2.9)$$

Dengan menggunakan proses komputasi, jumlah  $n^*$  optimal dapat diperoleh.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan tidak terlepas dari penelitian-penelitian terdahulu yang berhubungan dengan metode, objek amatan, serta tujuan yang ingin dicapai. Penelitian sebelumnya mencakup penelitian yang diterbitkan oleh jurnal ilmiah. Kata kunci yang digunakan sebagai pembanding adalah penjadwalan PM optimal, *Age Reduction Method* (ARM), dan total biaya *maintenance*.

Ruey Huei Yeh, Wen Liang Chang, dan Hui-Chiung Lo pada tahun 2010 melakukan penelitian tentang penentuan nilai ambang batas usia untuk melakukan *preventive maintenance* (PM) selama periode *leasing* pada *equipment* yang disewakan. Pada jurnalnya yang berjudul “*Optimal threshold values of age and two-phase maintenance policy for leased equipments using age reduction method*” tersebut, peneliti menggunakan metode *age reduction* untuk mendefinisikan derajat *maintenance* dan mengembangkan model matematis untuk biaya *maintenance*. Selama *equipment* dalam periode *leasing*, PM akan dilakukan ketika usia *equipment* mencapai nilai ambang batas tertentu. Kerusakan apapun yang terjadi pada *equipment* akan diperbaiki dengan perbaikan minimal (*minimal repair*). Kebijakan *maintenance* yang optimal akan diturunkan dari total biaya *maintenance* yang paling rendah. Untuk memberi gambaran secara jelas tentang kebijakan *maintenance* yang optimal, peneliti juga memberikan contoh numerik berdasarkan persamaan yang telah dikembangkan.

Ruey Huei Yeh, Wen Liang Chang, dan Hui-Chiung Lo pada tahun 2011 melakukan penelitian tentang penentuan periode lama *leasing* dan kebijakan *maintenance* pada *equipment* dalam jurnalnya yang berjudul “*Optimal length of lease period and maintenance policy for leased equipment with a control-limit on age*”. Pada penelitian tersebut, Yeh dkk mengembangkan sebuah model matematis untuk memaksimalkan total profit yang diperoleh *lessor* melalui layanan *maintenance* yang diberikan dengan menggunakan pendekatan *control-limit on age*. *Control-limit on age* adalah batas usia dimana *imperfect* PM harus segera dilakukan pada *equipment* untuk menghindari kerusakan. Dari model matematis yang dibuat berdasarkan batas usia *equipment* tersebut, persamaan untuk menentukan periode lama *leasing* dan kebijakan *maintenance* yang optimal



dapat diturunkan. Setelah persamaan periode lama *leasing* dan kebijakan *maintenance* yang optimal diperoleh, kemudian Yeh dkk mencoba untuk melakukan perhitungan numerik pada model matematis yang telah dikembangkan untuk mengetahui pengaruh periode lama *leasing* dan kebijakan *maintenance* terhadap total profit yang akan diperoleh.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

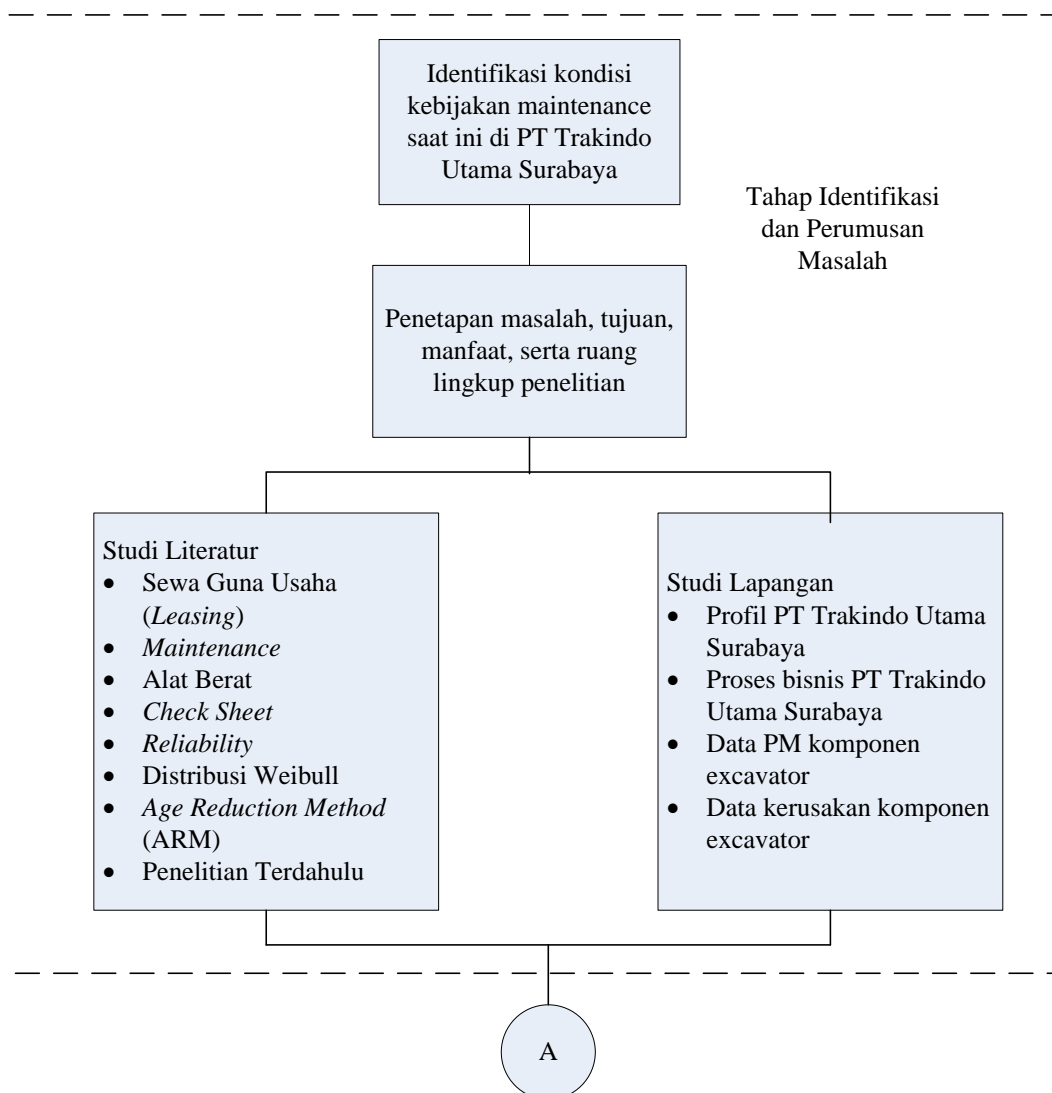
## BAB 3

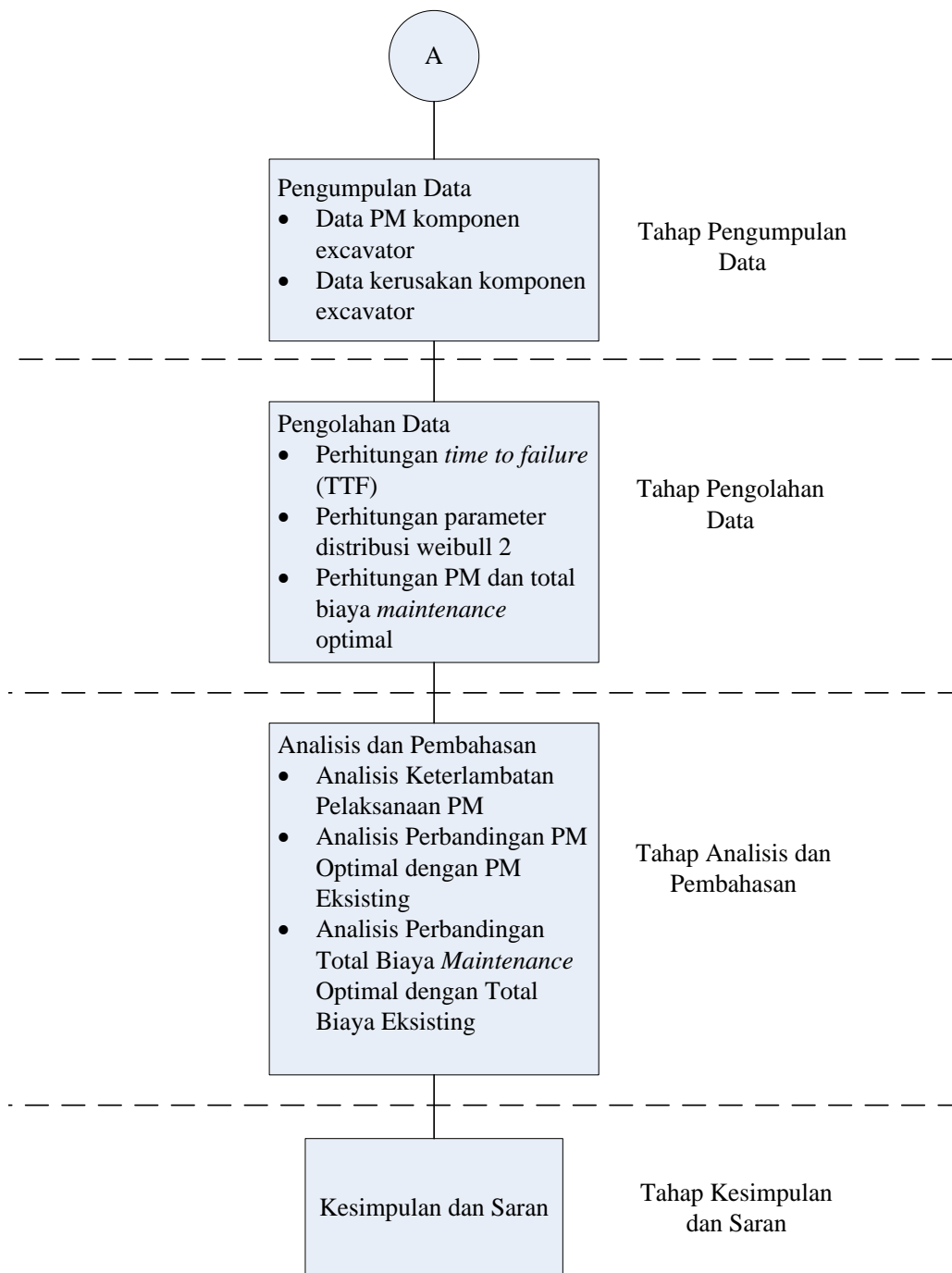
### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam melakukan penelitian ini.

#### 3.1 Alur Pelaksanaan Penelitian

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai diagram alir penelitian pada Gambar 3.1 ini.





Gambar 3. 1 *Flowchart* Pelaksanaan Penelitian

### 3.2 Penjelasan *Flowchart* Pelaksanaan Penelitian

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai *flowchart* metodologi pelaksanaan penelitian. Metodologi pelaksanaan tersebut terdiri dari tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian untuk mencapai tujuan penelitian ini.

### 3.2.1 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah akan dijelaskan mengenai proses dari tahapan tersebut yang dalam melakukan identifikasi kondisi *maintenance* pada perusahaan *leasing* saat ini yang meliputi perumusan masalah, penetapan tujuan, penetapan ruang lingkup penelitian, studi literatur, serta studi lapangan.

- *Identifikasi Kondisi Sistem Maintenance di Perusahaan Leasing Saat ini*

Pada Identifikasi Kondisi Sistem *Maintenance* Saat Ini pada PT Trakindo Utama, dilakukan pengamatan secara langsung oleh penulis dan juga wawancara dengan pihak-pihak yang terlibat dalam kegiatan *maintenance* secara langsung. Saat ini kondisi sistem *maintenance* di PT Trakindo Utama telah berjalan dengan cukup baik. Namun begitu, sistem *maintenance* yang ada saat ini masih dapat dilakukan perbaikan sehingga perusahaan dapat menghemat total biaya *maintenance*. Salah satu perbaikan yang perlu dilakukan adalah adanya penentuan penjadwalan secara optimal pada *preventive maintenance* (PM) dengan tujuan minimasi total biaya *maintenance*.

- *Perumusan Masalah, Penetapan Tujuan, dan Penetapan Ruang Lingkup Penelitian*

Selanjutnya, dilakukan Tahap Perumusan Masalah, Penetapan Tujuan, dan Penetapan Ruang Lingkup Penelitian. Adanya *gap* antara kondisi yang standar dengan kondisi yang ada pada PT Trakindo Utama, menjadi dasar perumusan masalah. Setelah masalah teridentifikasi, dilakukan penetapan tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini. Sedangkan proses penetapan ruang lingkup penelitian meliputi penentuan batasan dan asumsi dari penelitian berdasarkan hasil studi literatur dan studi lapangan yang telah dilakukan.

- *Studi Literatur*

Pada tahap ini penulis melakukan kegiatan pembelajaran terkait tinjauan pustaka yang mendukung tujuan penelitian. Studi literatur yang dilakukan meliputi kajian terhadap literatur buku, jurnal, dan peraturan-peraturan yang ada. Tahapan ini bertujuan untuk dapat memahami serta mendalami permasalahan dan tujuan penelitian secara ilmiah, serta menentukan teori dan metode yang

sesuai dengan permasalahan yang ada. Tinjauan pustaka yang dilakukan meliputi Sewa Guna Usaha (*Leasing*), *Maintenance*, Alat Berat, *Check Sheet*, *Reliability*, Distribusi Laju Kerusakan, Penentuan PM dengan *Age Reduction Method* (ARM), serta Penelitian Terdahulu.

- *Studi Lapangan*

Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi sistem *maintenance* PT Trakindo Utama saat ini. Studi lapangan ini dilakukan untuk mengetahui Profil PT Trakindo Utama, Proses Bisnis pada PT Trakindo Utama, serta Kebijakan *Maintenance* PT Trakindo Utama

### 3.2.2 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan oleh penulis untuk dilanjutkan ke tahap pengolahan data. Data-data yang dibutuhkan oleh penulis antara lain data profil perusahaan, data tentang proses bisnis perusahaan, data lengkap komponen *Excavator 320D2*, data frekuensi kerusakan komponen, serta data *downtime* yang meliputi tanggal kerusakan dan tanggal selesai perbaikan komponen.

Data-data tersebut didapatkan melalui pengamatan secara langsung, data sekunder dari pihak PT Trakindo Utama, serta wawancara dengan pihak-pihak yang terkait dengan kebijakan *maintenance* tersebut.

### 3.2.3 Tahap Pengolahan Data

Data yang telah didapatkan pada tahap pengumpulan data selanjutnya diolah. Dalam pengolahan data dilakukan beberapa langkah pengumpulan data sebagai berikut.

#### 3.2.3.1 Perhitungan Keterlambatan Pelaksanaan PM

Berdasarkan data historis yang diperoleh, diketahui bahwa sebagian besar pelaksanaan PM dilakukan terlambat. Oleh karena itu dilakukan perhitungan atas keterlambatan pelaksanaan PM untuk mengetahui seberapa besar keterlambatan tersebut terjadi pada PT Trakindo Utama Surabaya. Perhitungan tersebut dilakukan dengan

menentukan rata-rata keterlambatan, serta keterlambatan maksimal dan minimal dari seluruh unit *excavator*.

#### 3.2.3.2 Pengolahan Data Perhitungan Time to Failure

Perhitungan *time to failure* dilakukan pada masing-masing kerusakan komponen untuk mengetahui selisih waktu antar kerusakan yang kemudian menjadi input untuk melakukan *fitting* distribusi dan perhitungan nilai parameter.

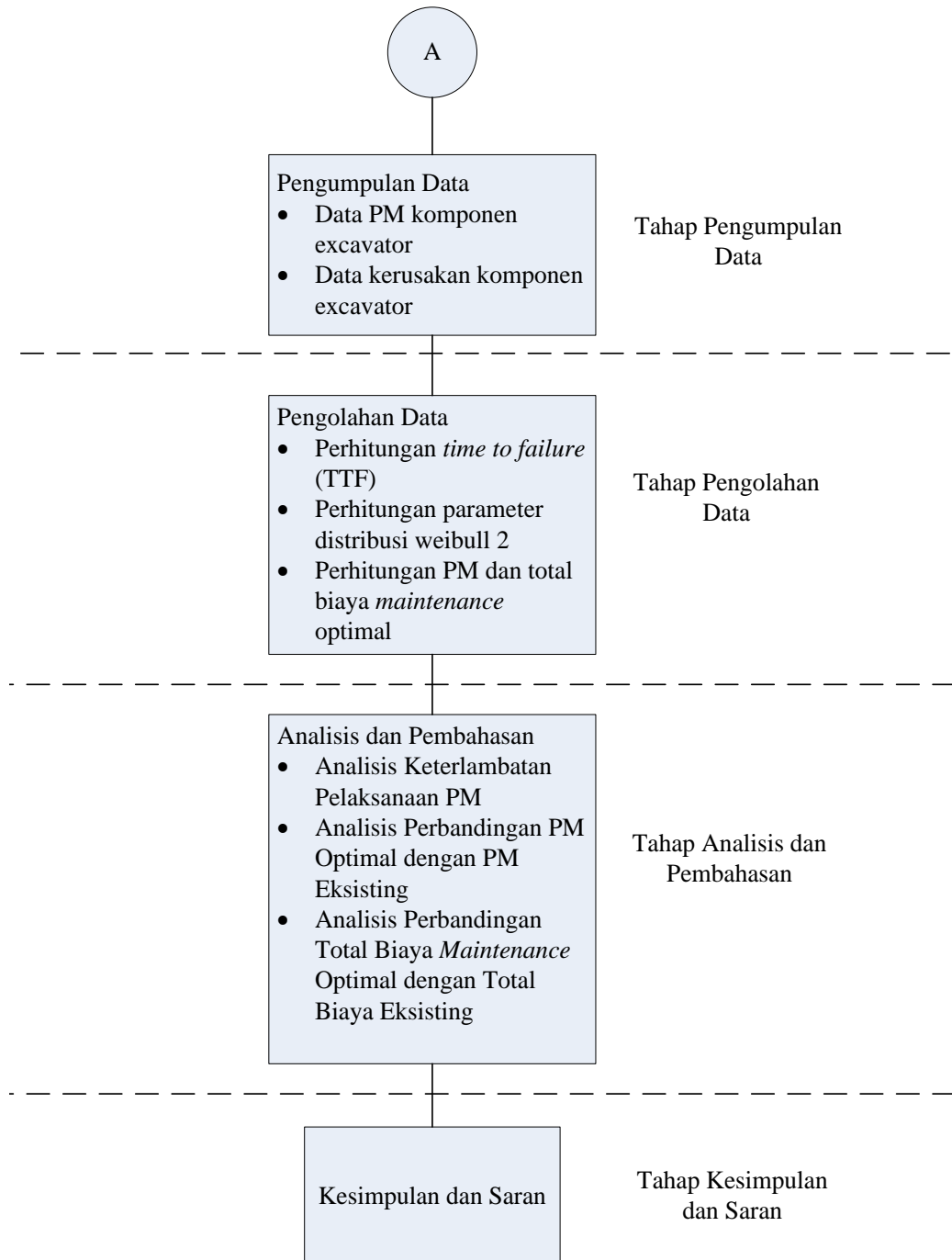
#### 3.2.3.3 Pengolahan Data Perhitungan Parameter Distribusi

Perhitungan nilai parameter dilakukan pada masing-masing TTF dari kerusakan komponen pada seluruh unit *excavator*. Nilai parameter dihitung berdasarkan jenis distribusi yang telah ditentukan, yakni distribusi weibull. Nilai parameter tersebut akan digunakan pada tahap pengolahan data selanjutnya. Perhitungan nilai parameter akan dilakukan dengan menggunakan *software* Weibull+.

#### 3.2.3.4 Penentuan PM dan Total Biaya Maintenance Optimal

Penentuan PM dan total biaya *maintenance* optimal dilakukan menggunakan teknik komputasi dengan bantuan *software* Matlab. Parameter-parameter yang terlibat akan diubah-ubah hingga diperoleh total biaya *maintenance* yang paling rendah. Ketika total biaya *maintenance* yang paling rendah sudah diperoleh, maka kebijakan PM optimal dapat diketahui. Berikut ini merupakan algoritma yang akan digunakan sebagai konsep dasar dalam menentukan kebijakan PM dan total biaya *maintenance* optimal dengan menggunakan *software* Matlab.

Gambar 3.2 berikut ini merupakan *flowchart* algoritma untuk melakukan penentuan PM optimal dengan menggunakan *software* Matlab.



Gambar 3. 2 *Flowchart* Algoritma Penentuan PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal



#### 3.2.4 Tahap Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data yang dilakukan sebelumnya. Analisis yang dilakukan meliputi analisis keterlambatan PM, analisis perbandingan PM optimal dengan PM perusahaan, serta analisis perbandingan total biaya *maintenance* optimal dengan total biaya *maintenance* perusahaan.

#### 3.2.5 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Penyusunan Saran

Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan. Tahap ini merupakan jawaban dari tujuan penelitian ini dilakukan. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan hasil analisis dan interpretasi data pada hasil penelitian yang sudah dilakukan. Selain itu pada tahap ini juga akan diberikan saran perbaikan untuk penelitian selanjutnya. Diharapkan hal tersebut dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian selanjutnya.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 4**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini berisi tentang pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini.

#### **4.1 Gambaran Umum Perusahaan**

Berikut ini merupakan gambaran umum perusahaan yang digunakan sebagai objek penelitian.

##### **4.1.1 Profil Perusahaan**

PT Trakindo Utama adalah *dealer* resmi untuk alat berat, mesin, dan suku cadang merk Cat dari perusahaan *Caterpillar*, yang berada di Indonesia. *Caterpillar* tersebut merupakan perusahaan yang berasal dari Amerika Serikat. Awalnya, PT Trakindo Utama didirikan pada tanggal 23 Desember 1970 dan berlokasi di Jakarta Selatan. Kemudian pada tanggal 13 April 1971, PT Trakindo Utama ditunjuk sebagai dealer resmi produk *Caterpillar* di Indonesia. Saat ini, PT Trakindo Utama telah memiliki 60 cabang perusahaan yang tersebar di seluruh wilayah di Indonesia, dan salah satunya adalah PT Trakindo Utama Surabaya yang berada di Surabaya, Jawa Timur.

##### **4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan**

Berikut ini adalah visi dan misi PT Trakindo Utama Surabaya.

###### **Visi**

“Menjadi penyedia solusi jasa kelas dunia untuk peralatan *Caterpillar*”

###### **Misi**

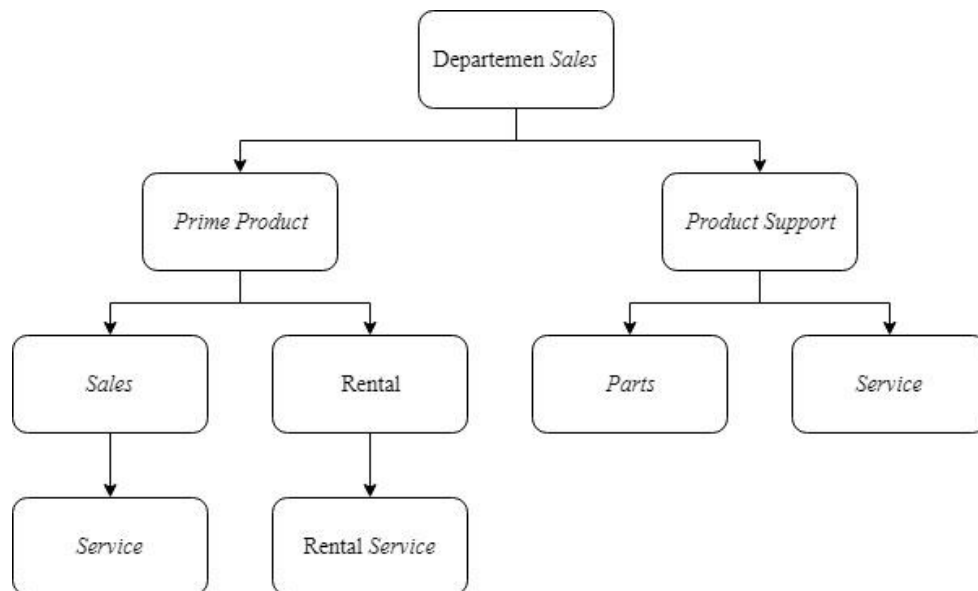
Membangun perusahaan yang mampu menciptakan lapangan kerja berkualitas bagi sebanyak mungkin rakyat Indonesia, dengan mengusung nilai-nilai berikut ini:

- Pengembangan kompetensi karyawan secara berkelanjutan

- Mengupayakan pertumbuhan finansial, intelektual dan citra perusahaan yang konsisten serta melakukan investasi kembali ke dalam bisnis yang dijalankan
- Mempertahankan standar kode etik yang tinggi dalam aktivitas bisnis

#### 4.1.3 Sistem *Leasing* Alat Berat

Berikut ini adalah struktur diagram dari departemen sales, yakni departemen yang membawahi divisi rental alat berat pada PT Trakindo Utama Surabaya.



Gambar 4. 1 Departemen *Sales* PT Trakindo Utama Surabaya

Dapat dilihat pada Gambar 4.1, *leasing* alat berat berada pada divisi rental. Pada divisi rental tersebut, alat berat disewakan kepada *lessee* dengan sistem kontrak tertentu.

PT Trakindo Utama Surabaya bertanggung jawab atas kegiatan *maintenance* alat berat yang disewakan, sehingga dibentuk sub-divisi yang mengurus segala hal yang berurusan dengan kegiatan *maintenance* alat berat yang disewakan tersebut, yakni sub-divisi rental *service*.

#### 4.1.4 Kebijakan *Maintenance* Alat Berat Sewa

Saat ini, PT Trakindo Utama Surabaya memiliki kebijakan *maintenance* untuk setiap alat berat yang disewakan. Kebijakan *maintenance* tersebut ialah untuk melakukan kegiatan PM setiap kali alat berat mencapai SMU per kelipatan 250 jam kerja. SMU adalah *service meter unit* yang ada pada setiap unit alat berat dan berfungsi untuk menunjukkan seberapa lama alat berat telah bekerja. Terdapat tujuh macam PM yang dilakukan pada alat berat, yakni PM 250, PM 500, PM 1000, PM 2000, PM 3000, PM 6000, dan PM 12000. Setiap jenis PM memiliki *check sheet* tersendiri yang berisi aktivitas-aktivitas yang harus dilakukan. Aktivitas PM yang dilakukan pada dasarnya sama, yakni aktivitas pada PM 250, namun ada beberapa penambahan aktivitas apabila jadwal PM telah mencapai salah satu jenis PM yang lebih tinggi. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan skema jadwal kegiatan PM berdasarkan SMU.

Tabel 4. 1 Skema Penjadwalan PM berdasarkan SMU

PM	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	6000	12000
250	<b>250</b>		<b>250</b>		<b>250</b>		<b>250</b>		<b>250</b>		<b>250</b>			
500		<b>500</b>				<b>500</b>				<b>500</b>				
1000				<b>1000</b>										
2000								<b>2000</b>						
3000												<b>3000</b>		
6000													<b>6000</b>	
12000														<b>12000</b>

Dapat dilihat pada Tabel 4.1, baris pertama menunjukkan SMU aktual alat berat, sedangkan kolom pertama menunjukkan jenis-jenis PM. Angka yang dicetak tebal pada tabel merupakan PM yang dilakukan berdasarkan SMU yang telah dicapai oleh alat berat, sehingga PM yang dilakukan akan berbeda setiap waktu. Untuk aktivitas-aktivitas yang dilakukan setiap jadwal PM tiba adalah sebagai berikut.

Tabel 4.2 Parameter Distribusi

ttf (days)	ttf (months)	Parameter	
182	6.066666667	beta	1.1095
129	4.3	lambda	6.1045
37	1.233333333		
411	13.7		
93	3.1		
55	1.833333333	beta	1.283
67	2.233333333	lambda	3.796
252	8.4		
62	2.066666667		
28	0.933333333	beta	1.1746
208	6.933333333	lambda	5.6606
190	6.333333333		
10	0.333333333		

Tabel 4.2 menunjukkan aktivitas PM yang dilakukan sesuai dengan SMU masing-masing. Terdapat 2 jenis PM yang dilakukan, yaitu penggantian preventif komponen dan inspeksi komponen. Penggantian preventif komponen dilakukan sebelum suatu komponen pada *excavator* mengalami kerusakan, sedangkan inspeksi komponen merupakan aktivitas rutin yang dilakukan untuk memastikan komponen-komponen pada *excavator* berada dalam kondisi baik.

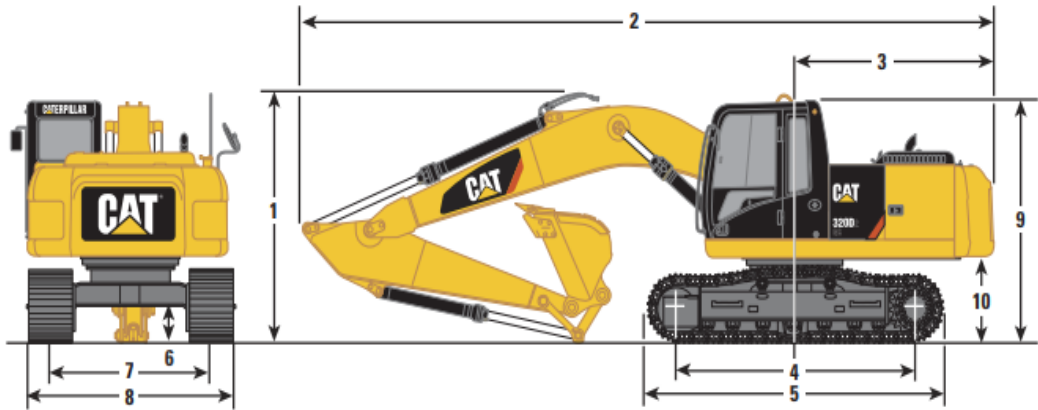
Yang termasuk dalam PM penggantian preventif adalah penggantian *belt*, penggantian *hydraulic filter system*, penggantian *swing drive*, penggantian *final drive*, serta penggantian *refrigerant*. Sedangkan untuk PM inspeksi komponen meliputi pengambilan sampel oli, lubrikasi *bearing*, lubrikasi *stick linkage*, inspeksi *battery*, inspeksi *engine valve lash*, serta lubrikasi *swing drive*.

Seluruh komponen pada unit excavator memiliki *karakteristik increasing failure rate*, atau dengan kata lain laju kerusakan akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya waktu atau usia komponen tersebut.

#### 4.1.5 Alat Berat Jenis *Excavator* 320D2

Jenis alat berat yang dipilih pada penelitian ini adalah *Excavator* 320D2 dengan nomor seri XBA dan ZBH. *Excavator* 320D2 dengan nomor seri XBA

memiliki silinder sebanyak 4 buah, sedangkan nomor seri ZBH memiliki silinder sebanyak 6 buah. Secara umum, *Excavator 320D2* memiliki spesifikasi yang sama, yakni yang dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Spesifikasi *Excavator 320D2* (Trakindo, Product Detail, 2018)

Berikut Tabel 4.3 berikut ini menunjukkan spesifikasi *Excavator 320D2*.

Tabel 4. 2 Spesifikasi *Excavator 320D2*

No	Keterangan	Dimensi
1	<i>Shipping Height</i>	3030 mm (9'11")
2	<i>Shipping Length</i>	9460 mm (31'0")
3	<i>Tail Swing Radius</i>	2750 mm (9'0")
4	<i>Length to Center of Rollers</i>	3270 mm (10'9")
5	<i>Track Length</i>	4080 mm (13'5")
6	<i>Ground Clearance</i>	450 mm (1'6")
7	<i>Track Gauge</i>	
	<i>Standard Undercarriage (Shipping)</i>	2200 mm (7'3")
8	<i>Transport Width</i>	
	<i>Standard Undercarriage</i>	
	600 mm (24") Shoes	2800 mm (9'2")
	790 mm (31") Shoes	2990 mm (9'10")
9	<i>Cab Height</i>	2950 mm (9'8")
10	<i>Counterweight Clearance</i>	1020 mm (3'4")



## 4.2 Pengolahan Data

Pada sub bab berikut ini akan dijelaskan mengenai pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini.

### 4.2.1 Perhitungan Keterlambatan Kegiatan PM

Meskipun jadwal PM telah ditentukan oleh pihak *lessor*, yakni setiap SMU mencapai kelipatan 250 jam kerja, namun tetap saja PM terlambat dilakukan. Hal ini disebabkan oleh pihak *lessee* yang menolak untuk melakukan PM pada unit *excavator* dengan alasan *lessee* tidak ingin kehilangan jam kerja. PT Trakindo Utama Surabaya sebagai *lessor* telah membuat penjadwalan PM untuk masing-masing unit *excavator* yang disewakan kepada *lessee*. Ketika jadwal PM tiba, kegiatan PM akan dilakukan pada unit *excavator*, baik di lapangan secara langsung, maupun dengan membawa unit *excavator* ke *workshop* (bengkel) milik PT Trakindo Utama Surabaya.

### 4.2.2 Perhitungan *Time to Failure* (TTF)

Jenis-jenis kerusakan (*failure*) yang terjadi pada unit *excavator* dengan nomor seri XBA dan ZBH merupakan kerusakan yang terjadi pada komponen unit *excavator* sehingga harus dilakukan penggantian. Jenis-jenis kerusakan tersebut terjadi pada komponen *Belt*, *Hydraulic System Oil Filter*, *Fuel Filter*, *Swing Drive*, *receiver dryer (Refrigerant)*, dan *Final Drive*.

Setelah diketahui jenis-jenis kerusakan pada unit *excavator*, selanjutnya dilakukan perhitungan *time to failure* untuk masing-masing jenis kerusakan. *Time to failure* diperoleh melalui selisih waktu kerusakan pada komponen sebelum dan waktu kerusakan pada komponen berikutnya. *Time to failure* pertama dihitung mulai tanggal awal kerusakan atau penggantian preventif pada seluruh komponen. Perhitungan *time to failure* dilakukan untuk masing-masing komponen pada kedua nomor seri unit *excavator* XBA dan ZBH. Namun, oleh karena data yang tersedia adalah data penggantian preventif, maka *time to failure* dapat juga disebut sebagai interval penggantian preventif.

Perhitungan *time to failure* untuk seluruh komponen unit *excavator* dapat dilihat pada Lampiran.

Penggantian komponen tidak hanya dilakukan pada saat komponen tersebut mengalami kerusakan, namun juga pada saat PM dilakukan, sehingga jadwal penggantian preventif untuk masing-masing komponen unit *excavator* tersebut mengikuti pola SMU tertentu.

Perhitungan *time to failure* juga dilakukan pada aktivitas PM inspeksi komponen. Namun karena waktu PM inspeksi komponen sama dengan waktu PM penggantian preventif, dimana PM dilakukan berdasarkan SMU, maka hasil perhitungan TTF-nya pun sama. Perhitungan *time to failure* untuk semua komponen *excavator* dapat dilihat pada Lampiran.

Setelah dilakukan *perhitungan time to failure* untuk semua jenis *failure* pada komponen, selanjutnya dilakukan *fitting* distribusi pada data *time to failure* untuk menentukan parameter distribusi yang akan digunakan pada perhitungan data di sub bab berikutnya.

#### 4.2.3 Perhitungan Parameter Distribusi Weibull 2 Parameter

*Time to failure* pada suatu data mengikuti karakteristik distribusi tertentu. Pada penelitian ini, karakteristik distribusi yang digunakan adalah distribusi weibull karena jenis distribusi tersebut mewakili karakteristik waktu kerusakan yang terjadi pada suatu *equipment* sampai pada akhirnya *equipment* tersebut mengalami kerusakan total (*wear-out*). Semua data *time to failure* yang telah dihitung, kemudian di-*fitting* dengan menggunakan *software* Weibull+ untuk menentukan parameter distribusinya. Jenis distribusi yang digunakan adalah weibull 2 parameter. *Fitting* yang dilakukan pada masing-masing data *time to failure* akan menghasilkan 2 parameter, yakni beta dan lambda. Beta merupakan parameter bentuk (*shape parameter*), sedangkan lambda merupakan parameter skala (*scale parameter*).

Nilai parameter-parameter yang dihasilkan untuk masing-masing jenis kerusakan komponen berbeda, karena waktu antar kerusakannya berbeda pula.

Namun, satuan waktu yang digunakan untuk menghitung *time to failure* harus disamakan. Dalam penelitian ini, satuan waktu yang digunakan untuk menghitung *time to failure* adalah bulanan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan biaya *maintenance*.

Nilai parameter tersebut juga berlaku untuk nilai parameter pada interval PM inspeksi komponen karena antara PM penggantian preventif dan PM inspeksi memiliki waktu pelaksanaan PM yang sama.

#### 4.2.4 Penentuan PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal

Penentuan PM dan total biaya *maintenance* optimal dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab. Penentuan PM optimal meliputi penentuan jumlah PM ( $n$ ), derajat *maintenance* ( $x$ ), dan batas kontrol usia komponen ( $\theta_a$ ). Algoritma tertentu akan diinputkan pada *software* Matlab untuk menghasilkan kebijakan PM dan total biaya *maintenance* yang paling optimal.

##### 4.2.4.1 Penentuan Interval Penggantian Preventif Optimal

Sebelum melakukan penentuan PM dan total biaya *maintenance* optimal, terlebih dahulu dilakukan penentuan interval penggantian preventif komponen menggunakan suatu algoritma tertentu. Algoritma tersebut bertujuan untuk menentukan interval penggantian preventif komponen yang optimal. Hal ini dilakukan karena penggantian komponen saat ini selalu dilakukan pada saat PM, bukan berdasarkan kerusakan ataupun usia komponen. Penentuan interval penggantian preventif optimal akan menunjukkan interval waktu antar penggantian preventif dengan berdasarkan pada biaya CM dan biaya PM sehingga akan diperoleh total biaya penggantian preventif yang paling murah (Jardine, 2013). Perhitungan interval penggantian preventif yang optimal dilakukan untuk masing-masing komponen pada unit *excavator* XBA dan ZBH. Perhitungan interval penggantian preventif optimal dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.6.

Perhitungan interval preventif optimal dilakukan dengan *software* Matlab untuk menentukan nilai  $tp$  untuk masing-masing komponen. Total biaya  $C_p$  diperoleh dari hasil perkalian antara jumlah PM yang dilakukan berdasarkan SMU

dengan biaya PM, sedangkan total biaya  $C_f$  diperoleh dari biaya CM yang meliputi biaya tenaga kerja, biaya penggantian komponen, serta biaya kesempatan yang hilang akibat terjadi kerusakan (*opportunity loss*). Biaya *opportunity loss* diperoleh melalui hasil perkalian lamanya waktu perbaikan dengan biaya sewa unit *excavator* per jam sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Opportunity loss} &= 8 \text{ jam} \times \text{Rp } 350,000 \\ &= \text{Rp } 2,800,000\end{aligned}$$

Tabel 4.9 berikut ini merupakan tabel yang berisi elemen penyusun total biaya  $C_f$  pada unit *excavator* XBA dan ZBH.

Tabel 4. 3 Elemen Penyusun Biaya  $C_f$

SMU	Komponen	Jumlah	Cf			total biaya Cf
			biaya tenaga kerja	biaya penggantian	biaya opportunity loss	
250	Belt	24	727,050	675,000	2,800,000	100,849,200
	Hydraulic System		727,050	310,000	2,800,000	92,089,200
500	Fuel Filter	12	880,000	385,000	2,800,000	48,780,000
1000	Swing Drive	4	980,000	17,500,000	2,800,000	85,120,000
2000	Final Drive	4	880,000	47,700,000	2,800,000	205,520,000
	Refrigerant		880,000	505,000	2,800,000	16,740,000
Total biaya Cf						549,098,400

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.10 berikut ini merupakan tabel yang berisi elemen penyusun total biaya  $C_p$  pada unit *excavator* XBA dan ZBH.

Tabel 4. 4 Elemen Penyusun Biaya  $C_p$

SMU	Komponen	$C_p$			total biaya $C_p$
		jumlah	biaya penggantian	biaya PM	
250	<i>Belt</i>	25	675,000	1,607,050	64,801,250
	<i>Hydraulic System</i>		310,000		
500	<i>Fuel Filter</i>	12	385,000	2,487,050	46,284,600
1000	<i>Swing Drive</i>	4	17,500,000	3,467,050	89,348,200
2000	<i>Final Drive</i>	4	47,700,000	4,347,050	285,688,200
	<i>Refrigerant</i>		505,000		
Total biaya $C_p$					486,122,250

Sumber: Pengolahan Data

Sedangkan nilai  $H(tp)$  diperoleh dari perhitungan integral laju kerusakan masing-masing komponen terhadap satuan waktu tertentu. Laju kerusakan komponen tersebut mengikuti pola distribusi weibull 2 parameter. Nilai parameter beta dan lambda untuk menghitung  $H(t)$  dapat dilihat pada sub bab 4.2.3.

Tabel 4.11 berikut ini merupakan rekapitulasi tabel yang berisi nilai interval penggantian preventif dan total biaya penggantian preventif yang optimal. Satuan yang digunakan untuk interval penggantian preventif optimal ( $tp^*$ ) adalah bulan, sedangkan satuan untuk total biaya penggantian preventif optimal ( $Ctp^*$ ) adalah rupiah.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Hasil *Running* Total Biaya Penggantian Preventif ( $Ctp$ ) dan Interval Penggantian Preventif Optimal ( $tp$ ) Menggunakan *Software* Matlab

Komponen	XBA10503		XBA10542		XBA10551		XBA10552		XBA10592	
	$tp^*$	$Ctp^*$	$tp^*$	$Ctp^*$	$tp^*$	$Ctp^*$	$tp^*$	$Ctp^*$	$tp^*$	$Ctp^*$
<i>Belt</i>	9	52,009,468	9	52,801,290	8	53,156,211	9	52,365,556	12	51,617,353
<i>Hydraulic System</i>										
<i>Fuel Filter</i>	4	39,157,889	4	38,996,117	4	39,903,177	5	37,536,146	7	36,767,357
<i>Swing Drive</i>	15	71,819,409	15	71,553,034	17	72,186,433	20	73,635,205	16	75,720,840
<i>Final Drive</i>	16	261,062,324	18	228,341,037	16	249,162,731	16	191,088,742	18	250,177,964
<i>Refrigerant</i>										

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.12 berikut ini adalah tabel yang berisi rekapitulasi nilai  $tp^*$  dan  $Ctp^*$  hasil perhitungan dengan menggunakan *software* Matlab pada unit *excavator* XBA10620 sampai ZBH10348.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Hasil *Running* Total Biaya Penggantian Preventif ( $Ctp$ ) dan Interval Penggantian Preventif Optimal ( $tp$ ) (lanjutan)

Komponen	XBA10620		XBA10872		ZBH10184		ZBH10348	
	$tp^*$	$Ctp^*$	$tp^*$	$Ctp^*$	$tp^*$	$Ctp^*$	$tp^*$	$Ctp^*$
<i>Belt</i>	10	51,013,401	8	52,924,341	8	52,838,962	9	51,396,731
<i>Hydraulic System</i>								
<i>Fuel Filter</i>	6	33,786,412	5	37,846,043	5	38,750,526	4	39,049,433
<i>Swing Drive</i>	17	69,391,919	-	-	20	71,127,725	18	75,432,790
<i>Final Drive</i>	-	-	-	-	19	246,738,150	24	219,594,292
<i>Refrigerant</i>	-	-	-	-				

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.13 berikut ini adalah tabel yang berisi rekapitulasi nilai  $tp^*$  dan  $Ctp^*$  hasil perhitungan dengan menggunakan *software* Matlab pada unit *excavator* zbh10436 sampai ZBH10657.

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Hasil *Running* Total Biaya Penggantian Preventif (Ctp) dan Interval Penggantian Preventif Optimal (tp) (lanjutan)

Komponen	ZBH10436		ZBH10437		ZBH10655		ZBH10657	
	$tp^*$	$Ctp^*$	$tp^*$	$Ctp^*$	$tp^*$	$Ctp^*$	$tp^*$	$Ctp^*$
<i>Belt</i>	8	53,528,339	8	53,515,489	8	53,487,362	8	53,489,347
<i>Hydraulic System</i>								
<i>Fuel Filter</i>	4	38,835,534	5	37,869,653	4	38,882,477	4	38,804,286
<i>Swing Drive</i>	18	72,192,920	19	76,014,174	16	68,772,577	19	69,904,402
<i>Final Drive</i>	18	232,555,395	18	236,424,127	17	233,674,301	17	223,439,647
<i>Refrigerant</i>								

Sumber: Pengolahan Data



Nilai  $tp^*$  merupakan interval penggantian preventif yang optimal, sedangkan  $Ctp^*$  merupakan total biaya penggantian preventif yang paling optimal selama interval  $tp$ . Setelah diperoleh nilai  $tp$ , maka jumlah penggantian preventif optimal ( $n^*$ ) dapat diketahui melalui rasio antara umur siklus unit *excavator* ( $L$ ) dengan interval penggantian preventif optimal ( $tp^*$ ).

Tabel 4.14 berikut ini adalah tabel yang berisi rekapitulasi jumlah penggantian preventif optimal ( $n^*$ ) pada unit *excavator* XBA10503 sampai XBA10592.

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Jumlah Penggantian Preventif Optimal ( $n^*$ ) pada Seluruh Unit *Excavator*

Komponen	L	XBA10503	XBA10542	XBA10551	XBA10552	XBA10592
		$n^*$	$n^*$	$n^*$	$n^*$	$n^*$
<i>Belt</i>	48	5	5	6	5	4
<i>Hydraulic System</i>	48	10	12	7	10	6
<i>Fuel Filter</i>	48	10	12	12	7	7
<i>Swing Drive</i>	48	3	3	3	2	3
<i>Final Drive</i>	48	3	3	3	3	3
<i>Refrigerant</i>	48	3	3	3	3	3

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.15 berikut ini adalah tabel yang berisi rekapitulasi jumlah penggantian preventif optimal ( $n^*$ ) pada unit *excavator* XBA10620 sampai ZBH10436.

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Jumlah Penggantian Preventif Optimal ( $n^*$ ) pada Seluruh Unit *Excavator* (lanjutan)

Komponen	L	XBA10620	XBA10872	ZBH10184	ZBH10348	ZBH10436
		$n^*$	$n^*$	$n^*$	$n^*$	$n^*$
<i>Belt</i>	48	5	6	6	5	6
<i>Hydraulic System</i>	48	6	6	7	6	8
<i>Fuel Filter</i>	48	8	10	10	12	12
<i>Swing Drive</i>	48	3	-	2	3	3
<i>Final Drive</i>	48	-	-	3	2	3
<i>Refrigerant</i>	48	-	-	3	2	3

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.16 berikut ini adalah tabel yang berisi rekapitulasi jumlah penggantian preventif optimal ( $n^*$ ) pada unit *excavator* ZBH10437 sampai ZBH10657.

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Jumlah Penggantian Preventif Optimal ( $n^*$ ) pada Seluruh Unit *Excavator* (lanjutan)

Komponen	L	ZBH10437	ZBH10655	ZBH10657
		$n^*$	$n^*$	$n^*$
<i>Belt</i>	48	6	6	6
<i>Hydraulic System</i>	48	6	8	10
<i>Fuel Filter</i>	48	10	12	12
<i>Swing Drive</i>	48	3	3	3
<i>Final Drive</i>	48	3	3	3
<i>Refrigerant</i>	48	2	3	3

Sumber: Pengolahan Data

Untuk mengetahui perbandingan total biaya penggantian preventif komponen yang optimal dengan total biaya penggantian preventif komponen eksisting maka dilakukan perhitungan seperti pada Tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4. 11 Perbandingan Antara Total Biaya Penggantian Preventif Eksisting dengan Total Biaya Penggantian Preventif Optimal

Unit Excavator	Total Biaya Penggantian Preventif Eksisting	Total Biaya Penggantian Preventif Optimal	Penghematan Biaya <i>Maintenance</i>	Prosentase Penghematan Biaya <i>Maintenance</i>
XBA10503	486,122,250	424,049,090	62,073,160	12.77%
XBA10542	486,122,250	391,691,478	94,430,772	19.43%
XBA10551	486,122,250	414,408,552	71,713,698	14.75%
XBA10552	486,122,250	354,625,649	131,496,601	27.05%
XBA10592	486,122,250	414,283,514	71,838,736	14.78%
XBA10620	200,434,050	154,191,732	46,242,318	23.07%
XBA10872	111,085,850	90,770,384	20,315,466	18.29%
ZBH10184	486,122,250	409,455,363	76,666,887	15.77%
ZBH10348	486,122,250	385,473,246	100,649,004	20.70%
ZBH10436	486,122,250	397,112,188	89,010,062	18.31%

Tabel 4. 11 Perbandingan Antara Total Biaya Penggantian Preventif Eksisting dengan Total Biaya Penggantian Preventif Optimal

Unit Excavator	Total Biaya Penggantian Preventif Eksisting	Total Biaya Penggantian Preventif Optimal	Penghematan Biaya <i>Maintenance</i>	Prosentase Penghematan Biaya <i>Maintenance</i>
ZBH10437	486,122,250	403,823,443	82,298,807	16.93%
ZBH10655	486,122,250	394,816,717	91,305,533	18.78%
ZBH10657	486,122,250	385,637,682	100,484,568	20.67%

Sumber: Pengolahan Data

#### 4.2.4.2 Perhitungan PM Inspeksi Komponen dan Total Biaya *Maintenance Optimal*

Setelah menentukan total biaya penggantian preventif yang paling optimal ( $Cp^*$ ), maka perhitungan total biaya *maintenance* menggunakan persamaan pada *Age Reduction Method* (ARM) dapat dilakukan. Pada persamaan total biaya *maintenance* ( $C$ ), terdapat 2 elemen utama yaitu biaya CM dan biaya PM. Biaya CM merupakan biaya apabila terjadi kerusakan, sedangkan biaya PM merupakan biaya yang harus dikeluarkan setiap kali PM dilakukan, yang besarnya adalah  $a+bx$ .  $a$  merupakan biaya tetap, sedangkan  $bx$  adalah biaya variabel, dimana  $x$  adalah derajat *maintenance*. Perhitungan total biaya *maintenance* dengan menggunakan metode ARM bertujuan untuk menentukan jumlah PM inspeksi komponen yang paling optimal.

Pada elemen biaya CM, terdapat biaya penalti dengan notasi ( $C\tau G\tau$ ) yang merupakan konsekuensi yang harus dibayar oleh lessor ketika waktu perbaikan kerusakan melebihi waktu yang telah ditetapkan, yakni 8 jam. Namun pada kasus milik PT Trakindo Utama Surabaya, penalti jenis 1 tersebut tidak diterapkan sehingga nilai biaya penalti menjadi nol.

Perhitungan PM optimal dilakukan pada masing-masing komponen untuk semua unit *excavator*. Hal ini dilakukan karena masing-masing komponen memiliki laju kerusakan dan biaya yang berbeda-beda. Perhitungan PM dan biaya *maintenance* optimal dilakukan dengan kondisi awal input variabel tertentu.

Tabel 4.21 berikut ini adalah tabel yang berisi elemen biaya PM yang akan digunakan sebagai input untuk perhitungan PM dan total biaya *maintenance* optimal.

Tabel 4. 12 Elemen Penyusun Biaya PM

Biaya PM					
SMU	Jenis PM	Jumlah	<i>a</i>	<i>b</i>	Total Biaya PM
250	Pengambilan Sampel Oli	24	727,050	0	17,449,200
	Lubrikasi Bearing		727,050	0	
500	Lubrikasi Stick Linkage	12	880,000	0	10,560,000
1000	Inspeksi Battery	4	980,000	0	3,920,000
2000	Inspeksi Engine Valve Lash	4	880,000	0	3,520,000
	Lubrikasi Swing Drive		880,000	0	

Sumber: Pengolahan Data

Berikut ini merupakan tabel yang berisi rekapitulasi hasil *running* perhitungan PM dan total biaya *maintenance* optimal dengan menggunakan *software* Matlab untuk seluruh unit *excavator*.

Tabel 4.22 berikut ini merupakan rekapitulasi hasil penentuan PM optimal dengan menggunakan *software* Matlab pada unit *excavator* XBA10503.

Tabel 4. 13 Rekapitulasi PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal XBA10503

Komponen	L	n*	x*	teta*	biaya PM*
Pengambilan Sampel Oli	48	19	2.4	2.4	45,471,038
Lubrikasi <i>Bearing</i>	48				
Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	48	10	2.82353	2.82353	31,897,994
Inspeksi <i>Battery</i>	48	4	9.6	9.6	11,320,910
Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	48	2	16	16	85,721,149
Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	48				
Total Biaya <i>Maintenance</i>					174,411,091

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.23 berikut ini merupakan rekapitulasi hasil penentuan PM optimal dengan menggunakan *software* Matlab pada unit *excavator* XBA10542.

Tabel 4. 14 Rekapitulasi PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal XBA10542

Komponen	L	n*	x*	teta*	biaya PM*
Pengambilan Sampel Oli	48	18	2.52632	2.52632	46,086,878
Lubrikasi <i>Bearing</i>	48				
Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	48	10	2.82353	2.82353	33,872,675
Inspeksi <i>Battery</i>	48	3	12	12	16,326,286
Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	48	2	16	16	36,203,042
Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	48				
Total Biaya <i>Maintenance</i>					132,488,881

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.24 berikut ini merupakan rekapitulasi hasil penentuan PM optimal dengan menggunakan *software* Matlab pada unit *excavator* XBA10551.

Tabel 4. 15 Rekapitulasi PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal XBA10551

Komponen	L	n*	x*	teta*	biaya PM*
Pengambilan Sampel Oli	48	12	3.69231	3.69231	45,435,975
Lubrikasi <i>Bearing</i>	48				
Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	48	13	3.42857	3.42857	34,286,269
Inspeksi <i>Battery</i>	48	4	9.6	9.6	14,852,913
Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	48	4	6.85714	6.85714	30,565,536
Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	48				
Total Biaya <i>Maintenance</i>					125,140,693

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.25 berikut ini merupakan rekapitulasi hasil penentuan PM optimal dengan menggunakan *software* Matlab pada unit *excavator* XBA10552.

Tabel 4. 16 Rekapitulasi PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal XBA10552

Komponen	L	n*	x*	teta*	biaya PM*
Pengambilan Sampel Oli	48	13	3.4285	3.4285	44,242,591
Lubrikasi <i>Bearing</i>	48				
Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	48	12	3.6923	3.6923	31,550,775

Tabel 4. 16 Rekapitulasi PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal XBA10552

Komponen	L	n*	x*	teta*	biaya PM*
Inspeksi <i>Battery</i>	48	4	9.6	9.6	15,528,446
Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	48	3	12	12	34,722,671
Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	48				
Total Biaya <i>Maintenance</i>					126,044,483

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.26 berikut ini merupakan rekapitulasi hasil penentuan PM optimal dengan menggunakan *software* Matlab pada unit *excavator* XBA10592.

Tabel 4. 17 Rekapitulasi PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal XBA10592

Komponen	L	n*	x*	teta*	biaya PM*
Pengambilan Sampel Oli	48	17	2.666667	2.666667	46,567,813
Lubrikasi <i>Bearing</i>	48				
Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	48	13	3.42857	3.428571	35,291,790
Inspeksi <i>Battery</i>	48	3	12	12	15,049,589
Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	48	4	9.6	9.6	33,219,488
Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	48				
Total Biaya <i>Maintenance</i>					130,128,680

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.27 berikut ini merupakan rekapitulasi hasil penentuan PM optimal dengan menggunakan *software* Matlab pada unit *excavator* XBA10620.

Tabel 4. 18 Rekapitulasi PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal XBA10620

Komponen	L	n*	x*	teta*	biaya PM*
Pengambilan Sampel Oli	48	11	4	4	43,758,711
Lubrikasi <i>Bearing</i>	48				
Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	48	12	3.69231	3.692308	34,430,397
Inspeksi <i>Battery</i>	48	3	12	12	12,857,720
Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	48	-	-	-	-
Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	48	-	-	-	-
Total Biaya <i>Maintenance</i>					221,027,743

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.31 berikut ini merupakan rekapitulasi hasil penentuan PM optimal dengan menggunakan *software* Matlab pada unit *excavator* ZBH10436.

Tabel 4. 19 Rekapitulasi PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal ZBH10436

Komponen	L	n*	x*	teta*	biaya PM*
Pengambilan Sampel Oli	48	16	2.82353	2.823529	46,201,437
Lubrikasi <i>Bearing</i>	48				
Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	48	10	4.36364	4.363636	37,078,340
Inspeksi <i>Battery</i>	48	3	12	12	16,382,354
Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	48	2	16	16	26,336,317
Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	48				
Total Biaya <i>Maintenance</i>					125,998,448

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.32 berikut ini merupakan rekapitulasi hasil penentuan PM optimal dengan menggunakan *software* Matlab pada unit *excavator* ZBH10437.

Tabel 4. 20 Rekapitulasi PM dan Total Biaya *Maintenance* Optimal ZBH10437

Komponen	L	n*	x*	teta*	biaya PM*
Pengambilan Sampel Oli	48	14	3.2	3.2	45,895,364
Lubrikasi <i>Bearing</i>	48				
Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	48	12	3.69231	3.692308	35,039,768
Inspeksi <i>Battery</i>	48	3	12	12	11,591,441
Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	48	2	16	16	25,107,996
Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	48				
Total Biaya <i>Maintenance</i>					117,634,569

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4. 21 Perbandingan Frekuensi PM Eksisting dengan PM Optimal

Unit <i>Excavator</i>	Aktivitas PM	Frekuensi PM Eksisting	Frekuensi PM Optimal
XBA10503	Pengambilan Sampel Oli	24	19
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	10
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	4

Tabel 4. 21 Perbandingan Frekuensi PM Eksisting dengan PM Optimal

Unit <i>Excavator</i>	Aktivitas PM	Frekuensi PM Eksisting	Frekuensi PM Optimal
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	2
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>		
XBA10542	Pengambilan Sampel Oli	24	18
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	10
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	3
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	2
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>		
XBA10551	Pengambilan Sampel Oli	24	12
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	11
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	4
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	4
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>		
XBA10552	Pengambilan Sampel Oli	24	13
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	12
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	4
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	3
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>		
XBA10592	Pengambilan Sampel Oli	24	17
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	11
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	3
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	4
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>		
XBA10620	Pengambilan Sampel Oli	24	11
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	12
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	3



Tabel 4. 21 Perbandingan Frekuensi PM Eksisting dengan PM Optimal

Unit <i>Excavator</i>	Aktivitas PM	Frekuensi PM Eksisting	Frekuensi PM Optimal
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	-	-
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	-	-
XBA10872	Pengambilan Sampel Oli	24	17
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	12
	Inspeksi <i>Battery</i>	-	-
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	-	-
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	-	-
ZBH10184	Pengambilan Sampel Oli	24	16
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	11
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	3
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	3
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>		
ZBH10348	Pengambilan Sampel Oli	24	15
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	10
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	4
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	4
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>		
ZBH10436	Pengambilan Sampel Oli	24	16
	Lubrikasi <i>Bearing</i>	24	22
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	10
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	3
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	2
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>	4	3
ZBH10437	Pengambilan Sampel Oli	24	14
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	12
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	3

Tabel 4. 21 Perbandingan Frekuensi PM Eksisting dengan PM Optimal

Unit <i>Excavator</i>	Aktivitas PM	Frekuensi PM Eksisting	Frekuensi PM Optimal
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	2
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>		
ZBH10655	Pengambilan Sampel Oli	24	17
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	9
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	4
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	4
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>		
ZBH10657	Pengambilan Sampel Oli	24	17
	Lubrikasi <i>Bearing</i>		
	Lubrikasi <i>Stick Linkage</i>	12	11
	Inspeksi <i>Battery</i>	4	4
	Inspeksi <i>Engine Valve Lash</i>	4	3
	Lubrikasi <i>Swing Drive</i>		

Total biaya *maintenance* optimal adalah penjumlahan dari total biaya PM penggantian preventif optimal dengan total biaya PM inspeksi komponen optimal.

Setelah mengetahui total biaya *maintenance* optimal dan total biaya *maintenance* eksisting, maka perbandingan atas keduanya dapat dilakukan.

Tabel 4.36 menunjukkan rekapitulasi total biaya PM inspeksi komponen untuk semua unit *excavator*.

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Total Biaya PM Inspeksi Komponen untuk Semua Unit *Excavator*

Unit Excavator	Total Biaya PM Inspeksi
XBA10503	174,411,091
XBA10542	132,488,881
XBA10551	125,140,693
XBA10552	126,044,483
XBA10592	130,128,680

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Total Biaya PM Inspeksi  
Komponen untuk Semua Unit *Excavator*

Unit Excavator	Total Biaya PM Inspeksi
XBA10620	91,046,828
XBA10872	124,294,684
ZBH10184	143,273,440
ZBH10348	122,338,217
ZBH10436	125,998,448
ZBH10437	117,634,569
ZBH10655	120,043,391
ZBH10657	122,654,019

Sumber: Pengolahan Data

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 5**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang analisis dan pembahasan terhadap pengolahan data yang telah dilakukan pada bab 4.

#### **5.1 Analisis Keterlambatan Pelaksanaan PM**

PM dikatakan terlambat apabila waktu pelaksanaan kegiatan PM tidak sesuai dengan target atau melebihi jadwal yang telah ditentukan. Apabila PM dilakukan sesuai dengan jadwal atau mendahului jadwal yang telah ditentukan, maka tidak dihitung sebagai keterlambatan. *Lessor* telah menentukan jadwal PM untuk masing-masing unit *excavator* yang disewakan kepada *lessee*. Jadwal PM tersebut didasarkan pada SMU (*service meter unit*) yang tertera pada masing-masing unit *excavator*, sehingga setiap unit akan memiliki jadwal yang berbeda. Keterlambatan waktu pelaksanaan PM bervariasi, mulai dari 1 hari hingga 16 hari. Meskipun demikian, tidak jarang pula PM dilakukan secara tepat waktu sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan oleh *lessor*, sehingga keterlambatan bernilai 0 hari. Sangat jarang terjadi PM dilakukan sebelum jadwalnya tiba.

PM yang dilakukan terlambat akan mempengaruhi jadwal PM selanjutnya, dimana PM tersebut akan dilakukan mengikuti kondisi aktual atau tetap mengikuti jadwal yang dibuat sesuai dengan perhitungan SMU unit *excavator*. Apabila PM selanjutnya dilakukan sesuai dengan kondisi aktual dimana PM dilakukan setiap interval 250 jam kerja setelah PM terakhir, maka peraturan standar SMU tidak lagi digunakan.

Pelaksanaan PM yang terlambat juga dapat mengganggu performansi dari unit *excavator* itu sendiri karena sebenarnya PM merepresentasikan usia komponen penyusun unit *excavator*. Setiap PM yang dilakukan bertujuan untuk mengembalikan performansi komponen dengan cara menekan *failure rate* sehingga usia komponen menjadi seperti lebih muda. Sehingga apabila PM terlambat dilakukan, maka pengembalian usia komponen tidak akan seoptimal apabila PM dilakukan tepat waktu.

## 5.2 Analisis Perbandingan PM Optimal dengan PM Eksisting Perusahaan

Seperti yang diketahui bahwa terdapat 2 jenis aktivitas yang dilakukan pada saat PM oleh PT Trakindo Utama Surabaya, yakni PM penggantian preventif komponen dan PM inspeksi komponen. Kedua hal tersebut harus dipisahkan terlebih dahulu agar tidak terjadi bias pada saat perhitungan total biaya *maintenance* optimal dengan menggunakan *Age Reduction Method* (ARM). ARM dapat digunakan pada penelitian terhadap studi kasus di PT Trakindo Utama Surabaya karena komponen-komponen pada excavator merupakan jenis komponen yang memiliki karakteristik *increasing failure rate*, sehingga ARM dapat berfungsi untuk menekan laju kerusakan (*failure rate*) tersebut.

Hal yang harus dilakukan sebelum menentukan PM dan total biaya *maintenance* optimal adalah memisahkan antara PM preventif penggantian komponen dengan PM inspeksi komponen. Kemudian, terlebih dahulu dilakukan penentuan interval penggantian preventif yang optimal pada komponen. Penentuan interval penggantian preventif optimal dilakukan untuk mengetahui jumlah penggantian preventif optimal dalam 48 bulan (satu siklus usia unit *excavator*). Interval penggantian preventif yang dijalankan PT Trakindo Utama Surabaya saat ini dinilai belum optimal karena penggantian preventif terlalu sering dilakukan, sehingga menyebabkan tingginya total biaya *maintenance*. Namun, karena tidak terdapat data kerusakan komponen pada PT Trakindo Utama Surabaya, maka untuk menentukan nilai jumlah kerusakan komponen  $H(t)$  digunakanlah data eksisting penggantian preventif pada komponen. Kemudian data kerusakan tersebut akan diolah dan dilakukan *fitting* menggunakan *software* Weibull+. Setelah data kerusakan atau data penggantian preventif untuk masing-masing komponen pada setiap unit *excavator* selesai di-*fitting*, maka ditentukan nilai parameternya terlebih dahulu sebelum di-*input* ke dalam persamaan interval penggantian preventif optimal. Jenis distribusi yang digunakan pada data kerusakan adalah weibull 2 parameter.

Kedua nilai parameter beta dan lambda dimasukkan ke dalam perhitungan interval penggantian preventif komponen pada *software* Matlab. Interval

penggantian preventif yang optimal merupakan interval yang menghasilkan total biaya paling kecil. Meskipun demikian, interval penggantian preventif yang optimal belum tentu interval yang bernilai paling kecil karena persamaan tersebut merupakan persamaan non-linier sehingga hubungan antara interval penggantian preventif dengan total biayanya akan membentuk suatu grafik tertentu.

Hasil penentuan interval penggantian preventif optimal juga menunjukkan frekuensi penggantian preventif yang optimal pada komponen. Dapat dilihat pada tabel 4.26 hingga 4.28 bahwa, frekuensi penggantian preventif hasil perhitungan untuk komponen *excavator* lebih sedikit daripada frekuensi penggantian preventif eksisting di perusahaan. Sedangkan untuk total biaya penggantian preventif pada komponen yang optimal juga mengalami penurunan.

Setelah memisahkan antara PM penggantian preventif komponen dan PM inspeksi komponen, maka perhitungan jumlah PM dan total biaya *maintenance* optimal menggunakan metode ARM dapat dilakukan. PM yang dimaksud adalah PM berupa inspeksi komponen, bukan penggantian preventif. Penentuan PM optimal dengan menggunakan metode ARM membutuhkan dua elemen, yaitu biaya CM dan biaya PM. Biaya CM adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh *lessor* ketika terjadi kerusakan pada komponen apapun. Sedangkan biaya PM adalah biaya yang dikeluarkan setiap PM dilakukan

Elemen penyusun biaya CM lainnya adalah biaya penalty ( $C\tau G\tau$ ). Untuk seluruh biaya penalti bernilai nol karena tidak terdapat data yang mendukung. Hal ini disebabkan karena PT Trakindo Utama Surabaya tidak menerapkan sistem penalti apabila waktu perbaikan komponen melebihi waktu yang telah ditentukan. PT Trakindo Utama Surabaya beranggapan bahwa probabilitas terjadinya kerusakan pada komponen sangatlah kecil karena penggantian preventif komponen rutin dilakukan, sehingga kerusakan sangat jarang terjadi. Pada coding di *software* Matlab tertulis '*crctaogtao*', yang sebenarnya berarti  $Cr + C\tau G\tau$ . Sedangkan untuk jumlah kerusakan komponen  $H(t)$  menggunakan data eksisting penggantian preventif komponen seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Namun terdapat sedikit perbedaan karena jumlah kerusakan komponen pada metode ARM merupakan integral dari laju kerusakan komponen terhadap derajat *maintenance* ( $x$ ). Untuk elemen biaya PM, digunakan biaya PM berupa inspeksi

komponen yang meliputi biaya tetap ( $a$ ) dan biaya variabel ( $bx$ ). Biaya tetap adalah biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan jenis PM yang dilakukan, sedangkan biaya variabel adalah biaya yang terikat pada derajat *maintenance* ( $x$ ), dimana besarnya berbeda-beda tergantung dengan komponen yang di-PM.

Penentuan jumlah PM optimal dilakukan oleh *software* Matlab dan akan menghasilkan output berupa jumlah PM optimal ( $n^*$ ), derajat *maintenance* ( $x^*$ ), batas kontrol usia optimal ( $\theta a^*$ ), dan total biaya *maintenance* optimal ( $C^*$ ). Setiap komponen akan menghasilkan nilai yang berbeda-beda karena masing-masing komponen memiliki laju kerusakan yang berbeda-beda, dalam hal ini adalah interval penggantian preventif pada komponen. Hal yang sama juga terjadi pada keseluruhan unit *excavator*. Satu unit *excavator* dengan unit *excavator* lain memiliki nilai PM optimal yang berbeda-beda. Meskipun demikian, dapat dilihat pada Tabel 4.35 yang berisi rekapitulasi perbandingan PM eksisting dengan PM optimal bahwa, frekuensi PM hasil running *software* Matlab lebih kecil daripada frekuensi PM yang ada saat ini.

Hasil penentuan PM optimal dengan menggunakan metode ARM menunjukkan bahwa jumlah atau frekuensi PM yang dijalankan saat ini masih dapat dikurangi. Hal ini tentunya akan berpengaruh pada total biaya *maintenance* yang akan menjadi semakin rendah pula.

### **5.3 Analisis Perbandingan Total Biaya *Maintenance* Optimal dengan Total Biaya *Maintenance* Perusahaan**

Total biaya *maintenance* merupakan gabungan dari dua elemen penting pada kegiatan *maintenance*, yakni biaya CM dan biaya PM. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa, data kerusakan tidak tersedia pada PT Trakindo Utama Surabaya karena komponen pada *excavator* tidak pernah mengalami kerusakan, sehingga tidak ada biaya CM yang harus dikeluarkan. Meskipun demikian, ternyata PT Trakindo Utama Surabaya selalu melakukan PM berupa penggantian preventif pada komponen-komponen *excavator*. Biaya penggantian preventif inilah yang kemudian digunakan sebagai biaya CM karena elemen biaya yang terkandung di dalamnya sama, yakni biaya tenaga kerja, biaya komponen, dan biaya *opportunity loss*.



Dengan merekayasa biaya CM menggunakan biaya penggantian preventif komponen yang optimal, maka perhitungan untuk menentukan jumlah PM dapat dilakukan. Jumlah PM yang optimal ditandai dengan total biaya *maintenance* yang paling kecil. Perhitungan total biaya *maintenance* dengan menggunakan metode ARM akan menunjukkan bahwa terdapat suatu hubungan antara jumlah PM dengan total biaya *maintenance* yang dihasilkan. Hubungan tersebut akan membentuk suatu grafik non-linier pada saat di-plotkan.

Pada Tabel 4.39 dapat dilihat bahwa kebijakan PM yang dihitung menggunakan metode ARM dapat mencapai nilai optimal dan menghasilkan total biaya *maintenance* lebih rendah dari total biaya *maintenance* eksisting perusahaan. Meskipun sama-sama optimal, namun total biaya *maintenance* antar unit *excavator* tetap berbeda. Begitu pula dengan komponen yang sama, namun berbeda unit *excavator*. Maka nilai laju kerusakannya akan berbeda pula.

Pada Tabel 4.39 terlihat bahwa total biaya *maintenance* pada unit *excavator* XBA10620 dan XBA10872 memiliki nilai yang jauh lebih rendah dari yang lainnya. Hal ini dikarenakan elemen penyusun biayanya tidak sama dengan unit *excavator* yang lain, dimana unit *excavator* XBA10620 dan XBA10872 masih berusia kurang dari 1000 SMU sehingga belum mengalami penggantian preventif ataupun PM inspeksi komponen pada  $SMU \geq 1000$ . Meskipun demikian, nilai total biaya *maintenance* nya masih dapat dibandingkan dengan total biaya *maintenance* eksisting.

Perbedaan tersebut dapat diakibatkan oleh perbedaan waktu kerusakan atau waktu penggantian preventif komponen. Pada dasarnya, seluruh *excavator* memiliki penjadwalan PM yang sama, baik itu untuk penggantian preventif komponen, maupun untuk inspeksi komponen. Hanya saja, selalu terjadi keterlambatan pelaksanaan PM sehingga waktu PM antar unit *excavator* menjadi berbeda-beda dan tidak sesuai dengan penjadwalan di awal. Dari pernyataan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa, keterlambatan pelaksanaan PM atau PM yang dilakukan tidak tepat waktu dapat mempengaruhi perhitungan total biaya *maintenance*. Oleh karena itu, pelaksanaan PM harus diusahakan selalu tepat waktu sehingga tidak mempengaruhi perhitungan total biaya *maintenance*.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 6**

### **PENUTUP**

Bab berikut ini berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan oleh penulis, serta saran yang dapat diberikan pada penelitian tersebut dan penelitian selanjutnya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan pengolahan data dan analisis serta pembahasan pada bab 4 dan bab 5, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. *Excavator* terdiri atas banyak komponen yang masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda, namun saling berhubungan agar fungsi utama *excavator* dapat berjalan dengan baik. Untuk memastikan komponen selalu dalam kondisi baik, maka diperlukan suatu *Preventive Maintenance* (PM). Namun, tidak semua komponen harus di-*maintain* secara rutin.
2. Komponen *belt* dan *hydraulic system* diganti setiap SMU mencapai kelipatan 250, *fuel filter* diganti setiap SMU mencapai kelipatan 500, *swing drive* diganti setiap SMU mencapai kelipatan 1000, sedangkan *final drive* dan *refrigerant* diganti setiap SMU mencapai kelipatan 2000.
3. Data kerusakan komponen tidak tersedia, sehingga data penggantian preventif komponen digunakan sebagai data kerusakan untuk menghitung laju kerusakan dan jumlah kerusakan yang akan menjadi input pada perhitungan PM dan total biaya *maintenance* optimal.
4. Perhitungan jumlah penggantian komponen dilakukan menggunakan persamaan interval penggantian preventif optimal, sedangkan perhitungan jumlah PM (inspeksi komponen) dilakukan menggunakan metode *Age Reduction Method* (ARM).
5. Begitu pula dengan hasil perhitungan PM (inspeksi komponen) menggunakan metode ARM. Diperoleh jumlah PM optimal yang lebih sedikit dari jumlah PM eksisting, dengan total biaya *maintenance* yang lebih murah dari total biaya *maintenance* eksisting. Selisih total biaya

*maintenance* hasil perhitungan dengan total biaya *maintenance* eksisting dapat merepresentasikan penghematan biaya yang dapat dilakukan oleh perusahaan.

6. Penyebab perbedaan total biaya *maintenance* antar unit *excavator* adalah laju atau jumlah kerusakan. Dapat disimpulkan bahwa waktu pelaksanaan PM mempengaruhi total biaya *maintenance*.
7. Total biaya penggantian preventif dan biaya PM inspeksi masih lebih kecil daripada total biaya *maintenance* eksisting, sehingga hasil perhitungan tersebut dapat digunakan sebagai rekomendasi perbaikan.

## **6.2 Saran**

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat diberikan untuk meningkatkan kualitas penelitian dan pengerjaan laporan penelitian di masa mendatang.

1. Peneliti harus memperhatikan kesesuaian antara data yang dibutuhkan dengan data yang tersedia di lapangan, sehingga data yang diperoleh benar-benar akurat dan merepresentasikan keadaan yang sebenarnya. Apabila data yang dibutuhkan tidak tersedia, maka harus dilakukan pendekatan model yang paling valid sehingga tidak terjadi bias yang terlalu besar
2. Peneliti melakukan penelitian dengan membandingkan metode penentuan kebijakan PM optimal lainnya sehingga dapat diketahui metode mana yang paling baik untuk menentukan penjadwalan PM yang optimal
3. Peneliti dapat melakukan penelitian lain dengan menambah durasi penelitian atau variasi unit *excavator* sehingga jenis kerusakan semakin banyak

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. (2004). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Coyle, B. (2000). *Leasing: Corporate Finance*. Glenlake Publishing Company.
- Daryus, A. (2007). *Diktat Manajemen Pemeliharaan Mesin*. Jakarta: Universitas Darma Persada.
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability*. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Elsayed, A. (2012). *Reliability Engineering*. John Wiley & Sons, Inc.
- Glickman, T. and Berger, P. D. (1976). Optimal Price and Protection Period Decisions for A Product Under Warranty. *Management Science*. 22:1381-1390.
- Hadi, I. R. (1992). *Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Perpustakaan Departemen Pekerjaan Umum.
- Ishikawa, K. (1982). *Guide to quality control (Second Revised English Edition)*. Tokyo, Japan: Asian Productivity Organization.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- O'Connor, P. D. (2002). *Practical Reliability Engineering*. UK: John Wiley & Sons.
- Rostiyanti, S. F. (2009). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Trakindo. (2018). *Product Detail*. Retrieved Maret 2018, 15, from Trakindo CAT: <https://www.trakindo.co.id/en/product-detail/320d2d2-l>
- Trakindo. (2018). *Product Detail*. Retrieved Maret 15, 2018, from Trakindo CAT: <https://www.trakindo.co.id/en/product-detail/6090-fs>
- Umum, K. P. (2012). *Kajian Rantai Pasok Alat Berat Konstruksi dalam Mendukung Investasi Infrastruktur*. Jakarta.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN

## Koding Matlab Penentuan Interval Penggantian Preventif Optimal

[illegible]

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## Koding Matlab Penentuan *Preventive Maintenance* (PM) Optimal Menggunakan Metode ARM

```
clear all  
clc  
  
L = 48  
  
tao = 0.0111  
  
beta = 1  
  
lambda = 2  
  
crctao_gtao = 12196  
  
a = 72750  
  
b = 0  
  
r_t=@(t)[lambda+beta*(lambda*t).^(beta_1)];  
R_t=@(t)[lambda+(lambda).^(beta_1))*(t.^(beta))];  
  
cost_opt =  
9999999999999999999999999999999999999999999999999999999;  
  
n_up = L  
  
hasil = [];  
n_opt = [];  
x_opt = [];  
tetaalpha_opt = []  
  
n = 0  
cost_opt = (crctao_gtao)*R_t(L)  
  
while n = 1:n_up  
    x = L  
  
    tetaalpha = x;  
  
    cost = [(crctao_gtao)*((n*R_t(x))+R_t(L-  
        n*x))] + [n*(a+b*x)];  
  
    if cost < cost_opt
```

```
    cost_opt = cost

    n_opt = n

    x_opt = x

    teta_alpha_opt = x_opt
end

hasil = [hasil; n x cost n_opt x_opt teta_alpha_opt
cost_opt];

end
```

## Kesesuaian Pelaksanaan PM dengan Target PM

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* XBA10503

XBA10503			
SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterlambatan (hari)
750	12/27/2017	1/3/2018	7
250	12/19/2017	12/19/2017	0
12000	11/6/2017	11/13/2017	7
11750	10/3/2017	10/5/2017	2
11500	8/29/2017	9/5/2017	7
11250	8/1/2017	8/8/2017	7
11000	7/3/2017	7/10/2017	7
10750	6/4/2017	6/4/2017	0
10500	4/29/2017	5/2/2017	3
10250	4/6/2017	4/5/2017	-
10000	3/7/2017	3/12/2017	5
9750	2/6/2017	2/11/2017	5
9500	12/31/2016	12/31/2016	0
9250	12/3/2016	12/9/2016	6
9000	10/4/2016	10/10/2016	6
8750	9/7/2016	9/15/2016	8
8500	8/6/2016	8/13/2016	7
8250	7/27/2016	8/6/2016	10
8000	7/1/2016	7/10/2016	9
7750	5/28/2016	6/12/2016	15
7500	5/1/2016	5/12/2016	11
7250	4/5/2016	4/14/2016	9
7000	3/3/2016	3/13/2016	10
6750	2/28/2016	3/14/2016	15
6500	2/1/2016	2/9/2016	8
6250	12/31/2015	1/7/2016	7
6000	12/4/2015	12/10/2015	6
5750	11/5/2015	11/12/2015	7
5500	10/6/2015	10/12/2015	6
5250	9/4/2015	9/3/2015	-
5000	7/27/2015	7/31/2015	4
4750	7/2/2015	7/6/2015	4
4500	6/7/2015	6/9/2015	2
4250	5/7/2015	5/12/2015	5
4000	3/31/2015	3/31/2015	0

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* XBA10552

<b>XBA10552</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
9500	2/7/2018	2/15/2018	8
9000	1/29/2018	1/31/2018	1
8750	1/14/2018	1/19/2018	5
8250	12/1/2017	12/16/2017	15
8000	11/30/2017	11/30/2017	0
7750	11/1/2017	11/7/2017	6
7500	10/2/2017	10/7/2017	5
7250	8/31/2017	8/31/2017	0
7000	8/3/2017	8/12/2017	9
6750	7/4/2017	7/9/2017	5
6500	6/1/2017	6/6/2017	5
6250	5/3/2017	5/6/2017	3
6000	3/31/2017	3/31/2017	0
5750	3/1/2017	3/8/2017	7
5500	2/2/2017	2/5/2017	3
5250	1/3/2017	1/7/2017	4
5000	11/30/2016	11/30/2016	0
4750	11/1/2016	11/11/2016	10
4500	10/7/2016	10/17/2016	10
4250	9/2/2016	9/4/2016	2
4000	8/3/2016	8/7/2016	4
3750	7/4/2016	7/8/2016	4
3500	6/3/2016	6/13/2016	10
3250	5/4/2016	5/6/2016	2
3000	4/1/2016	4/6/2016	5
2750	3/2/2016	3/5/2016	3
2500	2/2/2016	2/4/2016	2
2250	1/4/2016	1/13/2016	9
2000	11/29/2015	11/29/2015	0
1750	11/2/2015	11/7/2015	5
1500	10/3/2015	10/7/2015	4
1250	9/3/2015	9/5/2015	2
1000	8/2/2015	8/9/2015	7

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* XBA10592

<b>XBA10592</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
9250	3/7/2018	3/13/2018	5
9000	2/15/2018	2/21/2018	6
8500	2/6/2018	2/1/2018	-
8250	1/1/2018	1/5/2018	4
8000	12/28/2017	1/1/2018	4
7750	11/29/2017	12/4/2017	5
7500	11/3/2017	11/9/2017	6
7250	10/5/2017	10/12/2017	7
7000	8/31/2017	8/31/2017	0
6750	8/5/2017	8/12/2017	7
6500	7/4/2017	7/14/2017	10
6250	6/6/2017	6/9/2017	3
6000	5/5/2017	5/9/2017	4
5750	3/31/2017	3/31/2017	0
5500	3/3/2017	3/13/2017	10
5250	2/4/2017	2/9/2017	5
5000	1/5/2017	1/6/2017	1
4750	11/30/2016	11/30/2016	0
4500	11/3/2016	11/5/2016	2
4250	10/7/2016	10/16/2016	9
4000	9/6/2016	9/6/2016	0
3750	8/5/2016	8/9/2016	4
3500	7/5/2016	7/8/2016	3
3250	6/6/2016	6/6/2016	0
3000	5/4/2016	5/6/2016	2
2750	4/7/2016	4/7/2016	0
2500	3/5/2016	3/6/2016	1
2250	2/5/2016	2/5/2016	0
2000	1/5/2016	1/5/2016	0
1750	11/29/2015	11/30/2015	1
1500	11/2/2015	11/8/2015	6
1250	10/5/2015	10/5/2015	0
1000	9/5/2015	9/5/2015	0
750	8/5/2015	8/13/2015	8
500	7/4/2015	7/6/2015	2
250	6/5/2015	6/5/2015	0
Rata-rata (hari)			3
Minimal (hari)			0

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* XBA10592

<b>XBA10592</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
Maksimal (hari)			10

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* XBA10620

<b>XBA10620</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
7250	4/12/2018	4/17/2018	5
7000	2/23/2018	3/12/2018	16
6500	1/26/2018	2/6/2018	10
6250	12/26/2017	1/6/2018	11
6000	12/5/2017	12/19/2017	13
5750	11/3/2017	11/9/2017	6
5500	9/30/2017	9/30/2017	0
5250	9/5/2017	9/5/2017	0
5000	8/5/2017	8/3/2017	-
4750	7/6/2017	7/8/2017	2
4500	6/4/2017	6/4/2017	0
4250	5/4/2017	5/4/2017	0
4000	4/6/2017	4/2/2017	-
3750	3/6/2017	3/6/2017	0
3500	2/5/2017	2/5/2017	0
3250	1/5/2017	1/7/2017	2
3000	12/5/2016	12/5/2016	0
2750	11/3/2016	11/5/2016	2
2500	10/4/2016	10/4/2016	0
2250	9/6/2016	9/6/2016	0
2000	8/7/2016	8/9/2016	2
1750	7/7/2016	7/7/2016	0
1500	6/9/2016	6/9/2016	0
1250	5/5/2016	5/8/2016	3
1000	4/5/2016	4/5/2016	0
750	3/7/2016	3/7/2016	0
500	2/6/2016	2/6/2016	0
250	1/6/2016	1/12/2016	6
Rata-rata (hari)			3
Minimal (hari)			0
Maksimal (hari)			16

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* XBA10872

<b>XBA10872</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
4250	1/12/2017	1/19/2017	7
4000	12/9/2016	12/15/2016	6
3750	11/11/2016	11/15/2016	4
3500	10/7/2016	10/8/2016	1
3250	9/5/2016	9/5/2016	0
3000	8/6/2016	8/10/2016	4
2750	7/8/2016	7/13/2016	5
2500	6/10/2016	6/9/2016	-
2250	5/9/2016	5/12/2016	3
2000	4/5/2016	4/7/2016	2
1750	3/7/2016	3/14/2016	7
1500	2/8/2016	2/11/2016	3
1250	1/10/2016	1/7/2016	-
1000	12/8/2015	12/13/2015	5
750	11/7/2015	11/12/2015	5
500	10/6/2015	10/9/2015	3
250	9/7/2015	9/7/2015	0
Rata-rata (hari)			3
Minimal (hari)			0
Maksimal (hari)			16

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* ZBH11348

<b>ZBH11348</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
1250	1/1/2018	1/5/2018	4
1000	12/5/2017	12/12/2017	7
750	11/4/2017	11/9/2017	5
500	10/7/2017	10/14/2017	7
250	9/3/2017	9/13/2017	10
12000	8/7/2017	8/11/2017	4
11750	7/6/2017	7/8/2017	2
11500	6/5/2017	6/5/2017	0
11250	5/7/2017	5/9/2017	2
11000	4/4/2017	4/6/2017	2
10750	3/5/2017	3/8/2017	3
10500	2/3/2017	2/7/2017	4

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* ZBH11348

<b>ZBH11348</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
10250	1/5/2017	1/5/2017	0
10000	12/2/2016	12/2/2016	0
9750	11/5/2016	11/8/2016	3
9500	10/5/2016	10/5/2016	0
9250	9/1/2016	9/7/2016	6
9000	8/4/2016	8/4/2016	0
8750	7/4/2016	7/4/2016	0
8500	6/7/2016	6/7/2016	0
8250	5/3/2016	5/7/2016	4
8000	4/6/2016	4/6/2016	0
7750	3/1/2016	3/4/2016	3
7500	2/5/2016	2/5/2016	0
7250	1/1/2016	1/5/2016	4
7000	12/3/2015	12/3/2015	0
6750	11/8/2015	11/8/2015	0
6500	10/1/2015	10/1/2015	0
6250	9/6/2015	9/6/2015	0
6000	8/1/2015	8/1/2015	0
5750	7/2/2015	7/9/2015	7
5500	6/3/2015	6/7/2015	4
5250	5/2/2015	5/5/2015	3
5000	4/5/2015	4/7/2015	2
4750	3/1/2015	3/7/2015	6
4500	2/3/2015	2/6/2015	3
4250	1/7/2015	1/7/2015	0
4000	12/1/2014	12/5/2014	4
3750	11/1/2014	11/6/2014	5
3500	10/3/2014	10/3/2014	0
3250	9/5/2014	9/5/2014	0
3000	8/1/2014	8/5/2014	4
2750	7/4/2014	7/4/2014	0
2500	6/1/2014	6/4/2014	3
2250	5/1/2014	5/7/2014	6
2000	4/2/2014	4/2/2014	0
1750	3/4/2014	3/4/2014	0
1500	2/4/2014	2/7/2014	3
1250	1/1/2014	1/8/2014	7
1000	12/5/2013	12/5/2013	0



Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* ZBH11348

<b>ZBH11348</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
750	11/7/2013	11/7/2013	0
500	10/1/2013	10/6/2013	5
250	9/1/2013	9/5/2013	4
Rata-rata (hari)			3
Minimal (hari)			0
Maksimal (hari)			10

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* ZBH11437

<b>ZBH11437</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
500	1/6/2018	1/9/2018	3
250	12/3/2017	12/8/2017	5
12000	11/4/2017	11/11/2017	7
11750	10/7/2017	10/7/2017	0
11500	9/5/2017	9/7/2017	2
11250	7/30/2017	7/30/2017	0
11000	7/6/2017	7/16/2017	10
10750	6/5/2017	6/5/2017	0
10500	5/7/2017	5/7/2017	0
10250	4/4/2017	4/9/2017	5
10000	3/5/2017	3/5/2017	0
9750	2/3/2017	2/8/2017	5
9500	1/5/2017	1/8/2017	3
9250	11/29/2016	11/29/2016	0
9000	11/5/2016	11/5/2016	0
8750	10/5/2016	10/5/2016	0
8500	9/5/2016	9/5/2016	0
8250	8/4/2016	8/7/2016	3
8000	7/4/2016	7/4/2016	0
7750	6/7/2016	6/7/2016	0
7500	5/3/2016	5/9/2016	6
7250	4/6/2016	4/6/2016	0
7000	2/28/2016	2/28/2016	0
6750	2/5/2016	2/7/2016	2
6500	1/2/2016	1/11/2016	9
6250	12/3/2015	12/3/2015	0

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* ZBH11437

<b>ZBH11437</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
6000	11/7/2015	11/7/2015	0
5750	10/4/2015	10/4/2015	0
5500	9/6/2015	9/6/2015	0
5250	8/5/2015	8/5/2015	0
5000	7/4/2015	7/6/2015	2
4750	6/3/2015	6/3/2015	0
4500	5/2/2015	5/7/2015	5
4250	4/5/2015	4/5/2015	0
4000	3/7/2015	3/7/2015	0
3750	2/3/2015	2/6/2015	3
3500	1/7/2015	1/7/2015	0
3250	11/29/2014	11/29/2014	0
3000	11/8/2014	11/8/2014	0
2750	10/3/2014	10/3/2014	0
2500	9/5/2014	9/5/2014	0
2250	8/7/2014	8/7/2014	0
2000	7/4/2014	7/4/2014	0
1750	6/3/2014	6/3/2014	0
1500	5/6/2014	5/6/2014	0
1250	4/2/2014	4/9/2014	7
1000	3/6/2014	3/6/2014	0
750	2/4/2014	2/4/2014	0
500	1/7/2014	1/7/2014	0
250	12/5/2013	12/8/2013	3
Rata-rata (hari)			2
Minimal (hari)			0
Maksimal (hari)			10

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* ZBH11657

<b>ZBH11657</b>			
<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterlambatan (hari)</b>
9250	4/17/2018	4/21/2018	4
9000	3/15/2018	3/21/2018	6
8750	2/16/2018	2/19/2018	3
8500	1/20/2018	1/24/2018	4
8250	12/11/2017	12/17/2017	6
8000	11/14/2017	11/19/2017	5
7750	10/17/2017	10/23/2017	6
7500	9/13/2017	9/18/2017	5
7250	8/17/2017	8/19/2017	2
7000	7/16/2017	7/22/2017	6
6750	6/16/2017	6/19/2017	3
6500	5/19/2017	5/21/2017	2
6250	4/15/2017	4/24/2017	9
6000	3/18/2017	3/18/2017	0
5750	2/16/2017	2/20/2017	4
5500	1/19/2017	1/19/2017	0
5250	12/18/2016	12/18/2016	0
5000	11/17/2016	11/19/2016	2
4750	10/15/2016	10/15/2016	0
4500	9/19/2016	9/20/2016	1
4250	8/19/2016	8/21/2016	2
4000	7/13/2016	7/16/2016	3
3750	6/18/2016	6/18/2016	0
3500	5/16/2016	5/22/2016	6
3250	4/14/2016	4/20/2016	6
3000	3/14/2016	3/21/2016	7
2750	2/16/2016	2/16/2016	0
2500	1/20/2016	1/22/2016	2
2250	12/15/2015	12/17/2015	2
2000	11/12/2015	11/19/2015	7
1750	10/12/2015	10/17/2015	5
1500	9/11/2015	9/16/2015	5
1250	8/15/2015	8/21/2015	6
1000	7/17/2015	7/18/2015	1
750	6/13/2015	6/16/2015	3
500	5/15/2015	5/19/2015	4
250	4/17/2015	4/17/2015	0
12000	3/16/2015	3/16/2015	0

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* ZBH11657

<b>ZBH11657</b>			
11750	2/17/2015	2/23/2015	6
11500	1/16/2015	1/20/2015	4
11250	12/18/2014	12/18/2014	0
11000	11/16/2014	11/16/2014	0
10750	10/15/2014	10/17/2014	2
10500	9/16/2014	9/16/2014	0
10250	8/19/2014	8/19/2014	0
10000	7/16/2014	7/16/2014	0
9750	6/13/2014	6/15/2014	2
9500	5/17/2014	5/17/2014	0
9250	4/13/2014	4/17/2014	4
9000	3/16/2014	3/16/2014	0
8750	2/17/2014	2/17/2014	0
8500	1/10/2014	1/15/2014	5
8250	12/14/2013	12/14/2013	0
8000	11/12/2013	11/17/2013	5
7750	10/14/2013	10/14/2013	0
7500	9/15/2013	9/15/2013	0
7250	8/10/2013	8/16/2013	6
7000	7/11/2013	7/19/2013	8
6750	6/14/2013	6/14/2013	0
6500	5/17/2013	5/17/2013	0
6250	4/18/2013	4/21/2013	3
6000	3/11/2013	3/21/2013	10
5750	2/19/2013	2/19/2013	0
5500	1/10/2013	1/14/2013	4
5250	12/12/2012	12/13/2012	1
5000	11/18/2012	11/18/2012	0
4750	10/11/2012	10/16/2012	5
4500	9/13/2012	9/13/2012	0
4250	8/15/2012	8/15/2012	0
4000	7/12/2012	7/12/2012	0
3750	6/13/2012	6/17/2012	4
3500	5/19/2012	5/19/2012	0
3250	4/15/2012	4/18/2012	3
3000	3/16/2012	3/16/2012	0
2750	2/17/2012	2/17/2012	0
2500	1/18/2012	1/20/2012	2
2250	12/18/2011	12/18/2011	0
2000	11/14/2011	11/17/2011	3

Target dan Pelaksanaan PM Unit *Excavator* ZBH11657

<b>ZBH11657</b>			
1750	10/12/2011	10/18/2011	6
1500	9/17/2011	9/17/2011	0
1250	8/19/2011	8/19/2011	0
1000	7/15/2011	7/13/2011	-
750	6/14/2011	6/14/2011	0
500	5/12/2011	5/17/2011	5
250	4/20/2011	4/18/2011	-
Rata-rata (hari)			3
Minimal (hari)			0
Maksimal (hari)			10

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

### Data Penggantian Preventif Komponen – XBA10542

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
750	2/23/2018	2/28/2018	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	3.4666667	3.4666667	0.1155556	8.1666667	8.1666667	3.9666667
500	1/1/2018	1/15/2018	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	3.3333333	3.3333333	0.1111111	7.1333333	7.1333333	4.2
250	11/1/2017	11/16/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	2.4	2.4	0.08	7.1333333	7.1333333	4
12000	10/1/2017	10/7/2017	<i>Belt, Fuel System Filter, Cooling System Coolant Extender (ELC), Final Drive Oil, Refrigerant</i>	2.2666667	2.2666667	0.0755556	8.4	8.4	3.1333333
11750	9/2/2017	9/5/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.9666667	1.9666667	0.0655556	7.9333333	7.9333333	3.2
11500	7/29/2017	7/31/2017	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.7	1.7	0.0566667			3.9333333
11250	7/1/2017	7/8/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	2.1666667	2.1666667	0.0722222			4.3333333
11000	6/2/2017	6/10/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil</i>	2.4333333	2.4333333	0.0811111			4.0666667
10750	5/4/2017	5/4/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	2	2	0.0666667			3.6333333
10500	3/31/2017	3/29/2017	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.7666667	1.7666667	0.0588889			4.3
10250	3/2/2017	3/5/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.7666667	1.7666667	0.0588889			4.2333333

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
10000	2/4/2017	2/4/2017	<i>Belt, Fuel System Filter, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter (Return), Receiver Dryer (Refrigerant)</i>	2.2333333	2.2333333	0.0744444			
9750	1/3/2017	1/11/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	2.1	2.1	0.07			
9500	11/29/2016	11/29/2016	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.7666667	1.7666667	0.0588889			
9250	11/1/2016	11/9/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	2.1	2.1	0.07			
9000	10/2/2016	10/7/2016	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	2.1	2.1	0.07			
8750	9/2/2016	9/7/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.2	1.2	0.04			
8500	8/4/2016	8/5/2016	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0333333	1.0333333	0.0344444			
8250	7/30/2016	8/2/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.9	1.9	0.0633333			
8000	7/3/2016	7/5/2016	<i>Belt, Fuel System Filter, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter (Return), Receiver Dryer (Refrigerant), Swing Drive Oil</i>	1.9666667	1.9666667	0.0655556			
7750	6/3/2016	6/6/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	2.0333333	2.0333333	0.0677778			
7500	5/1/2016	5/7/2016	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.2333333	1.2333333	0.0411111			
7250	4/5/2016	4/6/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.1	1.1	0.0366667			



### Data Penggantian Preventif Komponen – XBA10551

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
8750	2/6/2018	1/31/2018	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.8333333	0.8333333	2.4666667	8.1666667	8.1666667	4.2
8250	1/1/2018	1/6/2018	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.8	0.8	1.7333333	9.2333333	9.2333333	3.9666667
8000	12/5/2017	12/13/2017	Belt, Fuel Filter System, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Receiver Dryer (Refrigerant), Swing Drive Oil	0.7666667	0.7666667	2.3333333	8.4333333	8.4333333	4.0333333
7750	11/13/2017	11/20/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.7	1.7	1.6333333			5.2
7500	9/29/2017	9/30/2017	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	0.7	0.7	2.2			4.3666667
7250	9/2/2017	9/9/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0333333	1.0333333	1.8333333			4.0666667
7000	8/5/2017	8/9/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel Filter System, Swing Drive Oil	0.8666667	0.8666667	2.0666667			4.1333333
6750	7/7/2017	7/14/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.4666667	1.4666667	3.1333333			
6500	5/31/2017	5/31/2017	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	0.6333333	0.6333333	2.0333333			
6250	5/3/2017	5/12/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1	1	2.3333333			

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
6000	4/3/2017	4/12/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel Filter System, Final Drive, Refrigerant, Swing Drive Oil</i>	1.1333333	1.1333333	2.0333333			
5750	3/6/2017	3/9/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0666667	1.0666667	2.0333333			
5500	2/7/2017	2/5/2017	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.8666667	0.8666667	1.8333333			
5250	1/7/2017	1/10/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.9666667	0.9666667	2.3			
5000	12/5/2016	12/12/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel Filter System, Swing Drive Oil</i>	1.4	1.4	1.8			
4750	10/30/2016	10/31/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.6666667	0.6666667				
4500	10/1/2016	10/11/2016	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.9333333	1.9333333				
4250	8/4/2016	8/14/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.2	1.2				
4000	7/5/2016	7/9/2016	<i>Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter (Return), Fuel Filter System, Receiver Dryer (Refrigerant), Swing Drive Oil</i>	1.0666667	1.0666667				
3750	6/9/2016	6/7/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.9666667	0.9666667				
3500	5/7/2016	5/9/2016	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0333333	1.0333333				
3250	4/4/2016	4/8/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.3	1.3				

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
3000	2/29/2016	2/29/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel Filter System, Swing Drive Oil</i>	0.9	0.9				
2750	2/3/2016	2/2/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.1333333	1.1333333				
2500	12/27/2015	12/30/2015	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1	1				
2250	11/28/2015	11/30/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0333333	1.0333333				
2000	10/30/2015	10/30/2015	<i>Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter (Return), Fuel Filter System, Receiver Dryer (Refrigerant), Swing Drive Oil</i>	1	1				
1750	9/28/2015	9/30/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.8333333	0.8333333				
1500	9/2/2015	9/5/2015	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.2666667	1.2666667				
1250	7/29/2015	7/29/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0333333	1.0333333				
1000	6/25/2015	6/28/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel Filter System, Swing Drive Oil</i>	1	1				
750	5/29/2015	5/29/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.8	0.8				
500	5/2/2015	5/5/2015	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.3	1.3				
250	3/27/2015	3/27/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>						

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

### Data Penggantian Preventif Komponen – ZBH10348

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
1250	1/1/2018	1/5/2018	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.8	0.8	1.9666667	8.4	8.4	4.1
1000	12/5/2017	12/12/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil	1.1	1.1	2.1333333	8	8	4.2333333
750	11/4/2017	11/9/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.8666667	0.8666667	2.2333333	8.3	8.3	4.1666667
500	10/7/2017	10/14/2017	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.0333333	1.0333333	2	7.9666667	7.9666667	4
250	9/3/2017	9/13/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1	1.1	1.9333333	8.2333333	8.2333333	4
12000	8/7/2017	8/11/2017	Belt, Fuel System Filter, Cooling System Coolant Extender (ELC)	1.1333333	1.1333333	2.2333333			4.1666667
11750	7/6/2017	7/8/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1	1.1	1.9333333			4.1333333
11500	6/5/2017	6/5/2017	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	0.9	0.9	2.0666667			3.8666667
11250	5/7/2017	5/9/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1	1.1	1.9333333			4.1
11000	4/4/2017	4/6/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil	0.9666667	0.9666667	2.0666667			4.0666667

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
10750	3/5/2017	3/8/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9666667	0.9666667	2.0333333			4.1666667
10500	2/3/2017	2/7/2017	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.1	1.1	2.1333333			3.9333333
10250	1/5/2017	1/5/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1333333	1.1333333	2.1			
10000	12/2/2016	12/2/2016	Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)	0.8	0.8	2.0333333			
9750	11/5/2016	11/8/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1333333	1.1333333	1.8333333			
9500	10/5/2016	10/5/2016	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	0.9333333	0.9333333	2.0333333			
9250	9/1/2016	9/7/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1333333	1.1333333	2			
9000	8/4/2016	8/4/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter	1.0333333	1.0333333	2.1			
8750	7/4/2016	7/4/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9	0.9	2.1			
8500	6/7/2016	6/7/2016	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.0333333	1.0333333	1.9666667			
8250	5/3/2016	5/7/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0333333	1.0333333	2.0666667			

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
8000	4/6/2016	4/6/2016	<i>Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)</i>	1.1	1.1	2.1			
7750	3/1/2016	3/4/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.9333333	0.9333333	1.8			
7500	2/5/2016	2/5/2016	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0333333	1.0333333	2.1333333			
7250	1/1/2016	1/5/2016	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.1	1.1	2			
7000	12/3/2015	12/3/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil</i>	0.8333333	0.8333333				
6750	11/8/2015	11/8/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.2666667	1.2666667				
6500	10/1/2015	10/1/2015	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.8333333	0.8333333				
6250	9/6/2015	9/6/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.2	1.2				
6000	8/1/2015	8/1/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter,</i>	0.7666667	0.7666667				
5750	7/2/2015	7/9/2015	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0666667	1.0666667				

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
5500	6/3/2015	6/7/2015	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.1	1.1				
5250	5/2/2015	5/5/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9333333	0.9333333				
5000	4/5/2015	4/7/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil	1.0333333	1.0333333				
4750	3/1/2015	3/7/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9666667	0.9666667				
4500	2/3/2015	2/6/2015	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1	1				
4250	1/7/2015	1/7/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1	1.1				
4000	12/1/2014	12/5/2014	Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)	0.9666667	0.9666667				
3750	11/1/2014	11/6/2014	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1333333	1.1333333				
3500	10/3/2014	10/3/2014	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	0.9333333	0.9333333				
3250	9/5/2014	9/5/2014	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0333333	1.0333333				



SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
3000	8/1/2014	8/5/2014	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter</i>	1.0666667	1.0666667				
2750	7/4/2014	7/4/2014	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1	1				
2500	6/1/2014	6/4/2014	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.9333333	0.9333333				
2250	5/1/2014	5/7/2014	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.1666667	1.1666667				
2000	4/2/2014	4/2/2014	<i>Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)</i>	0.9666667	0.9666667				
1750	3/4/2014	3/4/2014	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.8333333	0.8333333				
1500	2/4/2014	2/7/2014	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1	1				
1250	1/1/2014	1/8/2014	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.1333333	1.1333333				
1000	12/5/2013	12/5/2013	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil</i>	0.9333333	0.9333333				
750	11/7/2013	11/7/2013	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0666667	1.0666667				

<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Interval PM <i>Belt</i> (bulan)</b>	<b>Interval PM <i>Hydraulic System Oil Filter</i> (bulan)</b>	<b>Interval PM <i>Fuel Filter</i> (bulan)</b>	<b>Interval PM <i>Final Drive Oil</i> (bulan)</b>	<b>Interval PM <i>Refrigerant</i> (bulan)</b>	<b>Interval PM <i>Swing Drive Oil</i> (bulan)</b>
500	10/1/2013	10/6/2013	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0333333	1.0333333				
250	9/1/2013	9/5/2013	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>						

**Data Penggantian Preventif Komponen – ZBH10657**

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
9250	4/17/2018	4/21/2018	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0333333	1.0333333	1.8666667	8.2	8.2	4.0666667
9000	3/15/2018	3/21/2018	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil</i>	1	1	2.2	8.1666667	8.1666667	4
8750	2/16/2018	2/19/2018	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.8666667	0.8666667	1.8333333	8	8	4.2
8500	1/20/2018	1/24/2018	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.2666667	1.2666667	2.0666667	8.2666667	8.2666667	3.9666667
8250	12/11/2017	12/17/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.9333333	0.9333333	2.1666667	8.1	8.1	4.2
8000	11/14/2017	11/19/2017	<i>Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)</i>	0.9	0.9	1.9333333	8.0333333	8.0333333	3.9
7750	10/17/2017	10/23/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.1666667	1.1666667	2.0333333	8.0333333	8.0333333	4.1
7500	9/13/2017	9/18/2017	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1	1	2.0666667	8.4	8.4	4.1333333
7250	8/17/2017	8/19/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.9333333	0.9333333	1.8666667	7.9333333	7.9333333	4.1333333
7000	7/16/2017	7/22/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil</i>	1.1	1.1	2.1333333			4
6750	6/16/2017	6/19/2017	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.9666667	0.9666667	2.1			4.1

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
6500	5/19/2017	5/21/2017	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	0.9	0.9	1.9333333			4.0666667
6250	4/15/2017	4/24/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.2333333	1.2333333	2.1333333			3.9666667
6000	3/18/2017	3/18/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter	0.8666667	0.8666667	2.0333333			4.0333333
5750	2/16/2017	2/20/2017	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0666667	1.0666667	2.1333333			4
5500	1/19/2017	1/19/2017	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.0666667	1.0666667	2			4.1
5250	12/18/2016	12/18/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9666667	0.9666667	1.8333333			4.3
5000	11/17/2016	11/19/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil	1.1666667	1.1666667	2.2			3.9333333
4750	10/15/2016	10/15/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.8333333	0.8333333	2.1333333			4
4500	9/19/2016	9/20/2016	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1	1	1.8333333			4.2333333
4250	8/19/2016	8/21/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.2	1.2				
4000	7/13/2016	7/16/2016	Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)	0.9333333	0.9333333				
3750	6/18/2016	6/18/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter (Case Drain), Hydraulic System Oil Filter (Pilot), Oil Filter	0.9	0.9				

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
3500	5/16/2016	5/22/2016	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.0666667	1.0666667				
3250	4/14/2016	4/20/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1	1				
3000	3/14/2016	3/21/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter	1.1333333	1.1333333				
2750	2/16/2016	2/16/2016	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.8333333	0.8333333				
2500	1/20/2016	1/22/2016	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.2	1.2				
2250	12/15/2015	12/17/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9333333	0.9333333				
2000	11/12/2015	11/19/2015	Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)	1.1	1.1				
1750	10/12/2015	10/17/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0333333	1.0333333				
1500	9/11/2015	9/16/2015	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	0.8666667	0.8666667				
1250	8/15/2015	8/21/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1333333	1.1333333				
1000	7/17/2015	7/18/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil	1.0666667	1.0666667				
750	6/13/2015	6/16/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9333333	0.9333333				

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
500	5/15/2015	5/19/2015	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.0666667	1.0666667				
250	4/17/2015	4/17/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0666667	1.0666667				
12000	3/16/2015	3/16/2015	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter, Cooling System Coolant Extender (ELC)	0.7	0.7				
11750	2/17/2015	2/23/2015	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1333333	1.1333333				
11500	1/16/2015	1/20/2015	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.1	1.1				
11250	12/18/2014	12/18/2014	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0666667	1.0666667				
11000	11/16/2014	11/16/2014	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil	1	1				
10750	10/15/2014	10/17/2014	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0333333	1.0333333				
10500	9/16/2014	9/16/2014	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	0.9333333	0.9333333				
10250	8/19/2014	8/19/2014	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1333333	1.1333333				
10000	7/16/2014	7/16/2014	Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)	1.0333333	1.0333333				
9750	6/13/2014	6/15/2014	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9666667	0.9666667				

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
9500	5/17/2014	5/17/2014	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1	1				
9250	4/13/2014	4/17/2014	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0666667	1.0666667				
9000	3/16/2014	3/16/2014	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter	0.9	0.9				
8750	2/17/2014	2/17/2014	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1	1.1				
8500	1/10/2014	1/15/2014	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.0666667	1.0666667				
8250	12/14/2013	12/14/2013	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9	0.9				
8000	11/12/2013	11/17/2013	Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)	1.1333333	1.1333333				
7750	10/14/2013	10/14/2013	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9666667	0.9666667				
7500	9/15/2013	9/15/2013	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1	1				
7250	8/10/2013	8/16/2013	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9333333	0.9333333				
7000	7/11/2013	7/19/2013	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil	1.1666667	1.1666667				
6750	6/14/2013	6/14/2013	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9333333	0.9333333				

SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
6500	5/17/2013	5/17/2013	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.8666667	0.8666667				
6250	4/18/2013	4/21/2013	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0333333	1.0333333				
6000	3/11/2013	3/21/2013	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter</i>	1	1				
5750	2/19/2013	2/19/2013	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.2	1.2				
5500	1/10/2013	1/14/2013	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.0666667	1.0666667				
5250	12/12/2012	12/13/2012	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.8333333	0.8333333				
5000	11/18/2012	11/18/2012	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil</i>	1.1	1.1				
4750	10/11/2012	10/16/2012	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.1	1.1				
4500	9/13/2012	9/13/2012	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.9666667	0.9666667				
4250	8/15/2012	8/15/2012	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>	1.1333333	1.1333333				
4000	7/12/2012	7/12/2012	<i>Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)</i>	0.8333333	0.8333333				
3750	6/13/2012	6/17/2012	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter (Case Drain), Hydraulic System Oil Filter (Pilot), Oil Filter</i>	0.9666667	0.9666667				



SMU	Target PM	Pelaksanaan PM	Keterangan	Interval PM Belt (bulan)	Interval PM Hydraulic System Oil Filter (bulan)	Interval PM Fuel Filter (bulan)	Interval PM Final Drive Oil (bulan)	Interval PM Refrigerant (bulan)	Interval PM Swing Drive Oil (bulan)
3500	5/19/2012	5/19/2012	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.0333333	1.0333333				
3250	4/15/2012	4/18/2012	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.1	1.1				
3000	3/16/2012	3/16/2012	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter	0.9333333	0.9333333				
2750	2/17/2012	2/17/2012	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9333333	0.9333333				
2500	1/18/2012	1/20/2012	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	1.1	1.1				
2250	12/18/2011	12/18/2011	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0333333	1.0333333				
2000	11/14/2011	11/17/2011	Belt, Final Drive Oil, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Receiver Dryer (Refrigerant)	1	1				
1750	10/12/2011	10/18/2011	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.0333333	1.0333333				
1500	9/17/2011	9/17/2011	Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter	0.9666667	0.9666667				
1250	8/19/2011	8/19/2011	Belt, Hydraulic System Oil Filter	1.2333333	1.2333333				
1000	7/15/2011	7/13/2011	Belt, Hydraulic System Oil Filter, Fuel System Filter, Swing Drive Oil	0.9666667	0.9666667				
750	6/14/2011	6/14/2011	Belt, Hydraulic System Oil Filter	0.9333333	0.9333333				

<b>SMU</b>	<b>Target PM</b>	<b>Pelaksanaan PM</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Interval PM <i>Belt</i> (bulan)</b>	<b>Interval PM <i>Hydraulic System Oil Filter</i> (bulan)</b>	<b>Interval PM <i>Fuel Filter</i> (bulan)</b>	<b>Interval PM <i>Final Drive Oil</i> (bulan)</b>	<b>Interval PM <i>Refrigerant</i> (bulan)</b>	<b>Interval PM <i>Swing Drive Oil</i> (bulan)</b>
500	5/12/2011	5/17/2011	<i>Belt, Fuel System Filter, Hydraulic System Oil Filter</i>	0.9666667	0.9666667				
250	4/20/2011	4/18/2011	<i>Belt, Hydraulic System Oil Filter</i>						

**Penjadwalan PM Berdasarkan SMU di PT Trakindo Utama Surabaya**

PREVENTIVE MAINTENANCE SCHEDULED									
PT. XXX									
EST-OPERATING HOUR (8 hrs a day , 7 days a week)									
Daily	8	Hrs							
Monthly	240	Hrs							
Yearly	2,880	Hrs							
320D2 / XBA									
		PLAN DATE							
			250	500	1000	2000	3000	6000	12000
SMU(HOURS)		0							
DATE		Saturday, January 0, 1900							
SMU (HOURS)	PM								
0		Jan 0, 1900							
250	250 Initial	Jan 31, 1900	1						
500	PM 500	Mar 2, 1900		1					
750	PM 250	Apr 2, 1900	1						
1000	PM 1000	May 4, 1900			1				
1250	PM 250	Jun 4, 1900	1						
1500	PM 500	Jul 5, 1900		1					
1750	PM 250	Aug 5, 1900	1						
2000	PM 2000	Sep 6, 1900				1			
2250	PM 250	Oct 7, 1900	1						
2500	PM 500	Nov 7, 1900		1					

PREVENTIVE MAINTENANCE SCHEDULED									
PT. XXX									
EST-OPERATING HOUR (8 hrs a day , 7 days a week)									
Daily		8	Hrs						
Monthly		240	Hrs						
Yearly		2,880	Hrs						
320D2 / XBA									
		PLAN DATE							
	250		500	1000	2000	3000	6000	12000	
SMU(HOURS)		0							
DATE		Saturday, January 0, 1900							
SMU (HOURS)	PM								
2750	PM 250	Dec 8, 1900	1						
3000	PM 3000	Jan 9, 1901					1		
3250	PM 250	Feb 9, 1901	1						
3500	PM 500	Mar 12, 1901		1					
3750	PM 250	Apr 12, 1901	1						
4000	PM 2000	May 14, 1901				1			
4250	PM 250	Jun 14, 1901	1						
4500	PM 500	Jul 15, 1901		1					
4750	PM 250	Aug 15, 1901	1						
5000	PM 1000	Sep 16, 1901			1				
5250	PM 250	Oct 17, 1901	1						
5500	PM 500	Nov 17, 1901		1					
5750	PM 250	Dec 18, 1901	1						

PREVENTIVE MAINTENANCE SCHEDULED									
PT. XXX									
EST-OPERATING HOUR (8 hrs a day , 7 days a week)									
Daily		8	Hrs						
Monthly		240	Hrs						
Yearly		2,880	Hrs						
320D2 / XBA									
		PLAN DATE							
	250		500	1000	2000	3000	6000	12000	
SMU(HOURS)		0							
DATE		Saturday, January 0, 1900							
SMU (HOURS)	PM								
6000	PM 6000	Jan 19, 1902						1	
6250	PM 250	Feb 19, 1902	1						
6500	PM 500	Mar 22, 1902		1					
6750	PM 250	Apr 22, 1902	1						
7000	PM 1000	May 24, 1902			1				
7250	PM 250	Jun 24, 1902	1						
7500	PM 500	Jul 25, 1902		1					
7750	PM 250	Aug 25, 1902	1						
8000	PM 2000	Sep 26, 1902				1			
8250	PM 250	Oct 27, 1902	1						
8500	PM 500	Nov 27, 1902		1					
8750	PM 250	Dec 28, 1902	1						
9000	PM 3000	Jan 29, 1903					1		

PREVENTIVE MAINTENANCE SCHEDULED									
PT. XXX									
EST-OPERATING HOUR (8 hrs a day , 7 days a week)									
Daily	8	Hrs							
Monthly	240	Hrs							
Yearly	2,880	Hrs							
320D2 / XBA									
		PLAN DATE							
250	500		1000	2000	3000	6000	12000		
SMU(HOURS)		0							
DATE		Saturday, January 0, 1900							
SMU (HOURS)	PM								
9250	PM 250	Mar 1, 1903	1						
9500	PM 500	Apr 1, 1903		1					
9750	PM 250	May 2, 1903	1						
10000	PM 2000	Jun 3, 1903				1			
10250	PM 250	Jul 4, 1903	1						
10500	PM 500	Aug 4, 1903		1					
10750	PM 250	Sep 4, 1903	1						
11000	PM 1000	Oct 6, 1903			1				
11250	PM 250	Nov 6, 1903	1						
11500	PM 500	Dec 7, 1903		1					
11750	PM 250	Jan 7, 1904	1						
12000	PM 6000	Feb 8, 1904							1
TOTAL EVENT			24	12	4	4	2	1	1

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Malang, 22 Januari 1996 dengan nama lengkap Cindy Ramadhania atau biasa dipanggil dengan Cindy. Penulis merupakan anak ke-tiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh jenjang pendidikan di SDN KLOJEN 02 Malang dan SDN PEKUNCEN Pasuruan, SMPN 2 Pasuruan, SMAN 3 Malang dan penulis menjadi mahasiswa di Departemen Teknik Industri ITS, Surabaya dengan nomor mahasiswa 02411440000068.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai organisasi, pelatihan, serta kepanitiaan. Penulis berkontribusi sebagai Staff Kementerian Hubungan Luar BEM ITS 2015/2016 dan Staff Departemen Hubungan Masyarakat *Maritime Challenge* 2015/2016. Selain itu penulis juga mengikuti beberapa pelatihan yaitu Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM) tingkat Pra Dasar (PRA TD) tahun 2014, dan beberapa pelatihan lainnya yang tidak dapat dituliskan. Selain organisasi dan pelatihan, penulis juga mengikuti beberapa kepanitiaan seperti *Laison Officer (LO) Industrial Engineering Challenge, Committee* Pasar Malam Minggu ITS (Pammits), dan juga tergabung dalam *crew* di salah satu *Event Organizer (EO)*. Penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek di PT Kangean Energy Indonesia, Pulau Kangean. Untuk lebih lanjut, penulis dapat dihubungi melalui email [cindyramadhanias@gmail.com](mailto:cindyramadhanias@gmail.com). Sekian dan terima kasih.